hrana i život

RALPH W. GERARD

O KNJIZI

hrana i život

To je knjiga koja čitaocima pruža sažet pregled osnovnih činjenica o hrani. Na pristupačan način prikazana je jedinstvena složenost biokemijskih procesa, kojima se tijelo održava živim i zdravim.

Ona obuhvaća u prvom redu cjelokupni problem prehrane kao i osnovna pitanja istraživanja na tom području. Obrađuje zatim sirovine koje primamo kao hranu i njihovu preobrazbu tokom procesa probave do jednostavnih jedinica koje ulaze u stanice tijela. Opisan je dakle čitav put hrane od ustiju do stanica.

U stanicama se odvijaju procesi kojima se tijelo izgrađuje i dobiva energiju potrebnu za život. Objašnjena je uloga encima ili fermenata kao i njihovih neophodnih sastojaka vitamina koji omogućuju miran i nesmetan tok najsloženijih kemijskih reakcija pod najblažim uvjetima, dok se te iste reakcije u laboratoriju mogu odvijati samo djelova-

Hrana i život

Naslov originala

RALPH W. GERARD

FOOD FOR LIFE

The University of Chicago Press, 1952

S engleskoga prevela

ERIKA KOS

RALPH W. GERARD

Hrana i život

ZNANJE
ZAGREB
1 9 6 1

Predgovor

Postanak ove knjige jedinstven je. Nije pisana na zahtjev dijetetičara i stručnjaka za prehranu, da brani njihovu stvar, niti su je inspirirali naučni radnici kao novo objavljenje za čovječanstvo. Naprotiv, ovu su knjigu predložili pojedini vodeći poslovni ljudi, naročito predsjednik jedne velike pekarske kompanije, kao i sudionik jedne velike oglasne agencije, koji su spoznali zahtjev javnosti, da bude pravilno obaviještena o prehrani. Dijetetski savjeti, što ih daju novine i časopisi ili još opširnije pojedine knjige, općenito su nepotpuni, a često i protivurječni. Čak i solidni članci, koji objavljuju pouzdana otkrića nauke o prehrani, ne mogu obuhvatiti njihovu fiziološku i kemijsku pozadinu, čime se jedino može dobiti samopouzdanje i ispravno prosuđivanje. Samo potpuno razumijevanje onoga, što prehrana obuhvaća, može dati odgovor u današnjoj zbrci i bazu za dobru prehranu i zdravlje u budućnosti.

Stručnjaci danas raspolažu golemim znanjem iz prehrane. Ono se proteže od kemijskih sinteza nekih biološki važnih supstanca, pa do potrebe da se grčki seljaci uvjere, kako uživanje mlijeka u prahu ne prouzrokuje trudnoću. Tako se isto nižu knjige o prehrani, počev od zamršenih biokemijskih udžbenika pa do kuharskih knjiga i konačno pravih sociooloških rasprava. Mnoge od njih usko su specijalističke ili pak sasvim praktične, ili i jedno i drugo. Rijetke od njih pružaju dobro štivo i ispravno zaključivanje. Ni jedna ne obuhvaća široku panoramu modernog znanja u čitavoj svojoj širini počev od osnova pa do vrhova modernih otkrića.

Prema mišljenju tih poslovnih ljudi, trebalo je dati opći pregled ovoga širokog područja, koji bi poučio odnosno proširio vidik onima, koji obrađuju neka manja područja unutar toga, kao na pr. učiteljima prehrane, dijetetičarima, dadiljama, zdravstvenim radnicima i liječnicima. Štaviše, taj bi pregled trebao zanimati i poučiti i laika, obična čovjeka ili ženu, koji troši hranu i koji se zbog nje osjećaju bilo zdravi ili bolesni, kao i svakog pojedinca, koji ne samo da se brine, nego i potpuno ovise o najzamršenijem i najosjetljivijem mehanizmu — ljudskom tijelu. Konačno, takav široki pregled hrane i života mora biti pristupačan i dragocjen za one, koji stoje na pragu života i teže da ga razumiju, t. j. za đake i studente. Na kraju, dužnost je stručnjaka i učitelja na tom području da stvore javno mišljenje, koje će tražiti dobru prehranu. Bez toga, a pod utjecajem iskvarenih navika i uvjerenja u prehrani, teško će doći do poboljšanja.

Dosljedno tome, pod vodstvom Clinton Ferrisa, a uz pomoć Raymonda K. Stritzingera, R. Newtona Leughlina i Cedrica Seamana, ta je knjiga postala djelo izabrane grupe sposobnih specijalista iz raznih nauka, koje obuhvaćaju prehranu. To su stručnjaci iz kemije, biokemije, fiziologije, prehrane i javne zdravstvene službe. Sve su to ljudi s dugom i prokušanom praksom u laboratoriju i u praktičnim problemima hrane, kao i zdravstveni i socijalni radnici. Iako nisam stručnjak za probleme prehrane, a možda baš i zato, bio sam pozvan, da

pratim opći smjer djela, da budem predsjednik ove grupe i izdavač zamišljene knjige.

Čitava grupa sastala se nekoliko puta, da raspravi i detaljno razmotri gledišta svakog pojedinca. Zatim je svaki od njih napisao dio ili poglavlje, za koji je imao najbolje kvalifikacije, imajući u vidu da će to biti sastavni dio cjeline. Svako napisano poglavlje bilo je dano svim autorima na uvid, kritiku i primjedbe. Konačno je sve zajedno preradio Dr. Gerald Wendt, kako bi knjiga dobila zaobljenu cjelinu i stil pogodan za široku publiku, a ne samo za stručnjake. On je preveo jezik nauke na jezik, koji će se razumjeti kako kod kuće tako i u školi i u liječničkim ordinacijama. Svi su pojedini autori, dakako, dali pristanak na tu konačnu obradu.

Rezultat tog rada jest ova knjiga, koja ni u kojem pogledu ne predstavlja praktičnu knjigu o prehrani. Na osnovu onoga, što će čitalac iz nje naučiti, ne će moći sam sastavljati različite specifične obroke. Svrha je ovog djela prvenstveno u tome, da analizira i objašnjava, a ne da opisuje. Knjiga obrađuje više naučne principe nego samu primjenu. U njoj je više naglašeno normalno nego patološko stanje. Naš je cilj bio, da omogućimo čitaocu razumijevanje životnih procesa u ljudskom tijelu i stanicama, razumijevanje neobične složenosti kemijskih procesa, pomoću kojih se tijelo održava na životu i zdravlju, i, konačno, razumijevanje osnovnih potreba prehrane. Razumijevajući te osnovne stvari, on može pratiti i kritički ocijeniti nova otkrića u prehrani. Kratki i sažeti naslov knjige »Hrana i život« podsjetit će čitaoca na staru grčku uzrečicu: Upoznaj samog sebe.

Učitelji i pisci popularno-naučnih knjiga vole se služiti analogijama, koje objašnjavaju nove postavke, uspoređujući ih s poznatim stvarima. To nama nije bilo moguće, jer je i ljudsko i životinjsko tijelo, što se toga tiče, jedinstveno na zemlji. Ono je stroj, jer troši gorivo i daje energiju. Ono je mehanizam, koji pretvara energiju u koristan rad. Ali je istovremeno sposobno da čini ono, što ni jedan stroj ne može, a to je da obnavlja samo sebe. Tijelo u izvjesnom smislu proizvodi vlastite potrebne dijelove iz vrlo sirova materijala. Ono se

razlikuje od stroja, jer radi pri stalnoj temperaturi, a ne pri raznim nivoima topline, a u pogledu stvaranja i iskorišćivanja energije ne može se uporediti ni s čim, što je čovjek sam stvorio.

Što se tiče čisto materijalne strukture, možemo se poslužiti analogijom, koja sačinjava skelet ove knjige i koja će se možda sviđati čitaocu, ako je bude imao pred očima. Tijelo je vrlo slično kući, koja je u svom konačnom obliku vrlo malo nalik na materijal, od kojeg je sagrađena. Drvena građa, žbuka, cigle, žice, cijevi i staklo jesu sirovine, koje za kuću znače isto, što i kemijski sastojci hrane za tijelo. Poslije uvo-

Tijelo je vrlo slično kući; završena zgrada malo je slična građi od koje je kuća sagrađena.

da, u prvom poglavlju, o cjelokupnom problemu prehrane i osnovnim pitanjima istraživanja, u drugom se poglavlju obrađuju sirovine prehrane, vrste kemijskih tvari, koje ulaze kao hrana i koje se ugrađuju u strukturu tijela. Ti se materijali moraju prenijeti na mjesta, gdje će se upotrijebiti. Zato su u trećem poglavlju redom opisane operacije od usta do stanice.

U gradnji kuće rijetko se kad iskoristi materijal onakav, kakav je donesen. On se mora piliti, savijati, sjeći, obrađivati i na neki način preraditi, prije nego što se ugradi na odre-

đenom mjestu. Tako se i unutar živih stanica hrana preobrazuje i priređuje, a to je i opisano u četvrtom poglavlju. Zatim dolaze operacije i mehanizam prave izgradnje tijela i organizacije rada, koji treba da se izvrši. To je obrađeno u petom poglavlju, koje je posvećeno encimima, aktivnim činiocima izgradnje tijela. Šesto poglavlje govori o vitalnoj i složenoj prirodi upravljanja tjelesnim tvarima. U sedmom poglavlju ćemo ostaviti analogiju s izgradnjom kuće, jer ćemo raspravljati o energetskim odnosima u tim reakcijama, koje su nerazdjeljivo vezane s kemizmom tijela, ali nemaju veze s gradnjom kuće. U tome poglavlju podrobno se objašnjava iskorištavanje pristupačne energije u tijelu i neposredni svršetak svih procesa u tijelu.

Izgrađena kuća ne stoji sama. Ona se usko povezuje s drugima, sa slikom cijelog predjela i s novčanim sredstvima zajednice. Zadnja poglavlja obrađuju dakle prehranu u širem smislu, s ekonomskog i kulturnog stanovništa.

Osmo poglavlje razmatra široke potrebe životinja i ljudi za hranom, kao i izvore hranjivih tvari. Deveto poglavlje razrađuje mnogo šire problem prehrane čovječanstva, kao i njenu buduću perspektivu.

Budući da je ova knjiga djelo raznih autora, to ćemo ih na ovom mjestu navesti. Prvo poglavlje uglavnom sam obradio sâm, drugo Dr. Richard J. Block, treće i četvrto Dr. Sedgwick E. Smith, peto Dr. Norman Jolliffe. šesto i sedmo Dr. Samuel Soskin, a osmo i deveto Dr. Clive M. McCay. Ilustracije sam zamislio uglavnom sâm, dok mi je Dr. Peter Wolf pomagao u njihovoj razradi. Izvedene su u studijima Cling.

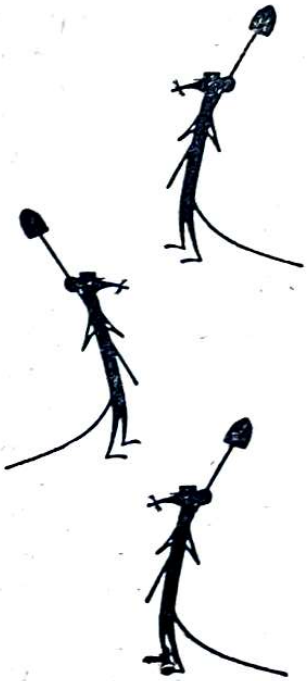
To je historija i to su nade, što ih polažemo u knjigu, koju imate u rukama. Bilo vam ugodno za čitanje!

Chicago, Illinois,
30. travnja 1952.

R. W. GERARD

Sadržaj

POGLAVLJE		STRANA
I	*Osnovna pitanja prehrane*	*13*
II	*Hranjivi sastojci hrane*	*36*
III	*Prerada hrane od usta do stanice*	*83*
IV	*Procesi u organima i stanicama*	*115*
V	*Encimi-djelotvorni agensi*	*140*
VI	*Regulacija staničnog metabolizma*	*162*
VII	*Konačni cilj: Energija i rast*	*191*
VIII	*O ljudskoj i životinjskoj hrani*	*223*
IX	*Poboljšanje prehrane*	*261*
	Pogovor	*298*
	Tumačenja nekih izraza i riječi iz knjige . . .	*301*



PRVO POGLAVLJE

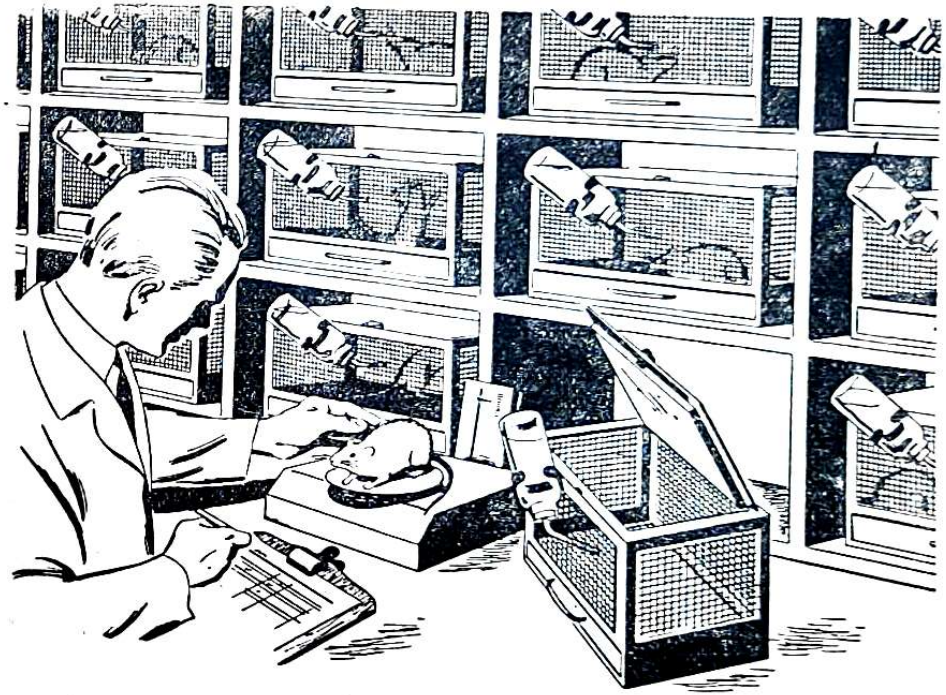
Osnovna pitanja prehrane

Naslov Steinbeckova klasičnog djela *O miševima i ljudima* mogao bi se dobro primijeniti i na nauku o prehrani; jer su miševi, a možda još češće njihovi veći rođaci štakori već mnogo decenija glavni objekt u istraživanjima, koja se bave prehranom. Najranije saznanje o prehrani, kao i o biološkim i medicinskim zasadama, skupljeno je nepažljivim pokusima na samom čovjeku. Ovisno o prilikama i okolnostima ljudi će jesti, odnosno izbjegavati svaku pristupačnu tvar ili smjesu tvari. Hrana je najveća i stalna potreba svih živih bića. Čovjek obično vrlo često jede, pa dogodi li se nešto njegovu tijelu, pripisat će to najčešće hrani. Možda su najčešće uvodne riječi pacijenta: »Doktore, jeo sam . . .«

Iz velike, premda nekritične gomile ljudskog iskustva izdvojila su se stanovita ponavljanja, koja su se oblikovala u narodnim običajima, i pažljivi će stručnjak moći utvrditi njihove uzročne veze i postanak. Možda je tabu na svinjsko meso kod drevnih Židova bio posljedica teške zaraze svinja od trihine. Dodatak limunova soka obrocima hrane nekadašnjih britanskih mornara, t. zv. »Limey«, bio je sigurno uveden, jer se zapazilo njegovo preventivno djelovanje protiv skorbuta. Međutim, zajedno sa zdravim rasuđivanjima razvijala se i strašna zbrka lažnih vjerovanja, babljih priča i društvenih predrasuda o tome, šta treba jesti, a što ne. Štaviše, i liječnici su prije kojeg stoljeća lutali u tom labirintu. Farmakopeja iz tog vremena sadrži mitološke pojmove, na pr. rog jednoroga, zatim skupe i rijetke lijekove, žučni kamenac, slonovu kost i razne neugodne izlučine. Ti neobični lijekovi sjajno su opisani u Haggardovu djelu: *Đavoli, droge i liječnici*, te nas danas i užasavaju i nasmijavaju.

Kada se nauka — sređeno i iskušano ljudsko saznanje — počela primjenjivati na veliki problem hrane, mnoga su se istraživanja morala posvetiti odvajanju istinitog od lažnog, da bi se na kraju dobio mali ostatak vrijednog znanja, koje je moglo postati nova nauka o prehrani. Za ta su istraživanja izabrani štakori. Štakori su nevjerovatno slični ljudima u načinu i potrebama ishrane. Mali su, relativno brzo rastu i imaju kratak život. Mogu se uzgajati u velikom broju uz mali trošak. Naravno, manji organizam, koji brže sazrijeva, uvijek je bolji, dok s druge strane veliki broj individua daje veću sigurnost pronalascima, a sigurniji odgovori omogućuju brže postavljanje novih pitanja i izmjenu rezultata, te se na taj način ubrzava napredak nauke. Važno je nadalje i to, da se troše manje količine rijetke i skupe hrane, te su tako izdaci i potrebna laboratorijska njega smanjeni. Želimo li rezultate ovakvih pokusa primijeniti na veliko na samom čovjeku, moramo ih vršiti, ako baš ne na samom čovjeku, a ono na organizmu, koji je slično kao i čovjek svežder, te ima slično uređen probavni sistem i može oboljeti od analognih bolesti nepravilnom ishranom — dakle na štakoru.

Mnogo se naučilo na ovim golorepim glodavcima, i kao obično, nauka je dobivala nov poticaj i stanovitu sigurnost. Kada su bile otkrivene i utvrđene glavne sastojine obroka i kada se nešto saznalo o njihovoj ulozi u ishrani, vidjelo se, da tu postoje kudikamo veće mogućnosti istraživanja, nego što se očekivalo. Nije samo ishrana štakora bila neobično slična čovjekovoj, već i ishrana većine organizama. Tome se ne treba čuditi, gledamo li na razvoj, jer su tijela nekih živih



Rezultati eksperimenata, koji će se primijeniti na čovjeku, moraju se dobiti na organizmima, koji su mu slični — dakle na štakoru.

bića hrana mnogima drugim, a supstance, koje one sadrže, ne razlikuju se bitno jedna od druge. Štaviše, zelene biljke, iako ne jedu nego grade svoje tijelo od zraka, vode, soli i sunčane svjetlosti, stvaraju od tih sastojaka iste kemijske spojeve. Zbog toga se njihova tijela ne razlikuju mnogo od životinjskih ili drugih parazitnih biljaka i mogu im poslužiti kao hrana. Čak

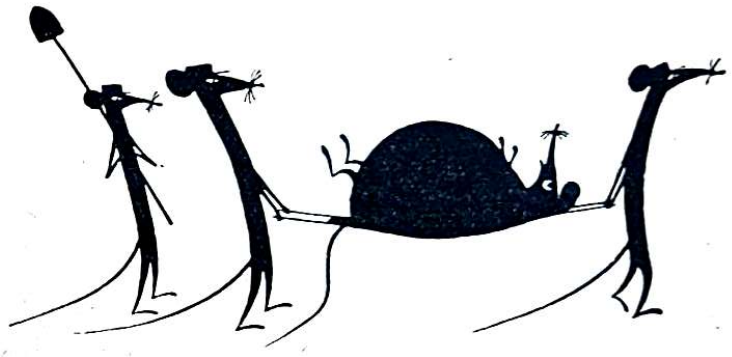
se nedavno pokazalo, da je i tako jednostavan i običan organizam, kao što je krušna plijesan, prava riznica za istraživače. Zahvaljujući svojoj neznatnoj veličini, velikom broju, brzom rastu, reprodukciji, genetskoj jednostavnosti i mutabilnosti, plijesan Neurospora pružila je bogat uvid u kemijske promjene, koje se zbivaju unutar samoga čovječjeg tijela. Možda buduće razdoblje nauke o prehrani ne će biti u znaku »Miševa i ljudi«, nego »Plijesni i ljudi«.

Koje tvari zapravo nastoje pronaći naučenjaci vršeći pokuse na ljudima, miševima, plijesnima, zamorcima, golubovima i kvascima? Koja pitanja postavljaju i kako dolaze do odgovora? Najstarije je i najrazumljivije pitanje: »Koje su tvari potrebne u hrani?« Iz toga slijedi i drugo pitanje: »U kojoj količini?« Na to je jednostavnije odgovoriti, nego pitati. Jedan od uvjeta, da se pokusom dobije rezultat, jest velika preciznost u eksperimentima, te ona prisiljava istraživača, da misli na mnoge specifične pojedinosti u pitanju. Treba nam hrana? Zašto? Za pojedine organizme, koje ćemo istraživati. Koju hranu treba uzeti? Koji je kriterij uzimanja hrane? Osjeća li se neka životinja loše ili ugine prilikom uzimanja stanovitih obroka, to očito znači, da neka važna sastojina manjka, dok, naprotiv, snažan rast pokazuje, da je sve u redu. Stoga je brzina rasta najobičniji kriterij da se ustanovi, odgovara li neki obrok svrsi. No, dok je brz i neprekidan rast poželjan (i od velike je praktične važnosti u tovu svinja i goveda) u mlađem razdoblju, to je nepoželjan u zrelijem razdoblju u životu pojedinca. Demografi nas uvjeravaju, da i za ljude vrijedi uzrečica: »mršavi štakori sahranjuju debele«; i isključivši iznimke, mršav i gladan Cassius preživjet će debelog Falstaffa. Debele životinje imaju ne samo kratak život, već su i više sklone raznim bolestima, a pogotovo degeneraciji, uključujući tu i rak.

Treba li potrebu za hranom razmatrati više u smislu produžavanja života ili u smislu dobivanja na težini? Odgovor nije jednostavan, čak ako i zanemarimo osobna gledanja, da netko radije živi dulje, a polugladan, a drugi kraće i sit. Sigurno je, da se ne će svi složiti sa čuvenim stihom Edna St.

Vincent Millaya o svijeći, koja je gorjela na oba kraja, ali je zato davala privlačan sjaj.

S druge strane, ni ograničena ishrana nije sama po sebi povoljna. Pojedinac, koji se prilično slabo hrani, ne samo da je mršav, nego gubi i na energiji i vitalnosti. Možda se na taj način produžava život pojedinca, ali se zato može izazvati propast rase time, što je razmnožavanje uslijed ograničene ishrane djelomično ili potpuno spriječeno. Zato ne možemo usvojiti kao apsolutni kriterij ni rast, ni debljanje, ni starost, ni stepen dnevne aktivnosti, ni broj potomstva. Potrebno je izvršiti još mnogo pokusa i mnogo kombinacija, prije nego što možemo reći, što je dobro, a što bi bilo najbolje.



Mršavi štakori sahranjuju debele.

Ukoliko je ova diskusija bila veoma površna, to je zato, što se hrana promatrala više kao cjelina, a ne kroz njene raznolike sastojke. Do sada spomenute nesigurnosti odnose se uglavnom na optimalni sadržaj kalorija. Hrana, kojoj nedostaje jedan ili više dodatnih hranjivih tvari, vjerojatno je nepoželjna sa svakog gledišta, jer se preobilje ovih rijetko prima hranom. Koliko je čega potrebno u obroku? Na to pitanje treba posebno odgovoriti za svaku tvar, za svaki organizam, pa čak i za svako stanje organizma, kao što su to: starost, aktivnost i svrha. Zato moramo ponovno pitati: Koje nam supstance zapravo trebaju?

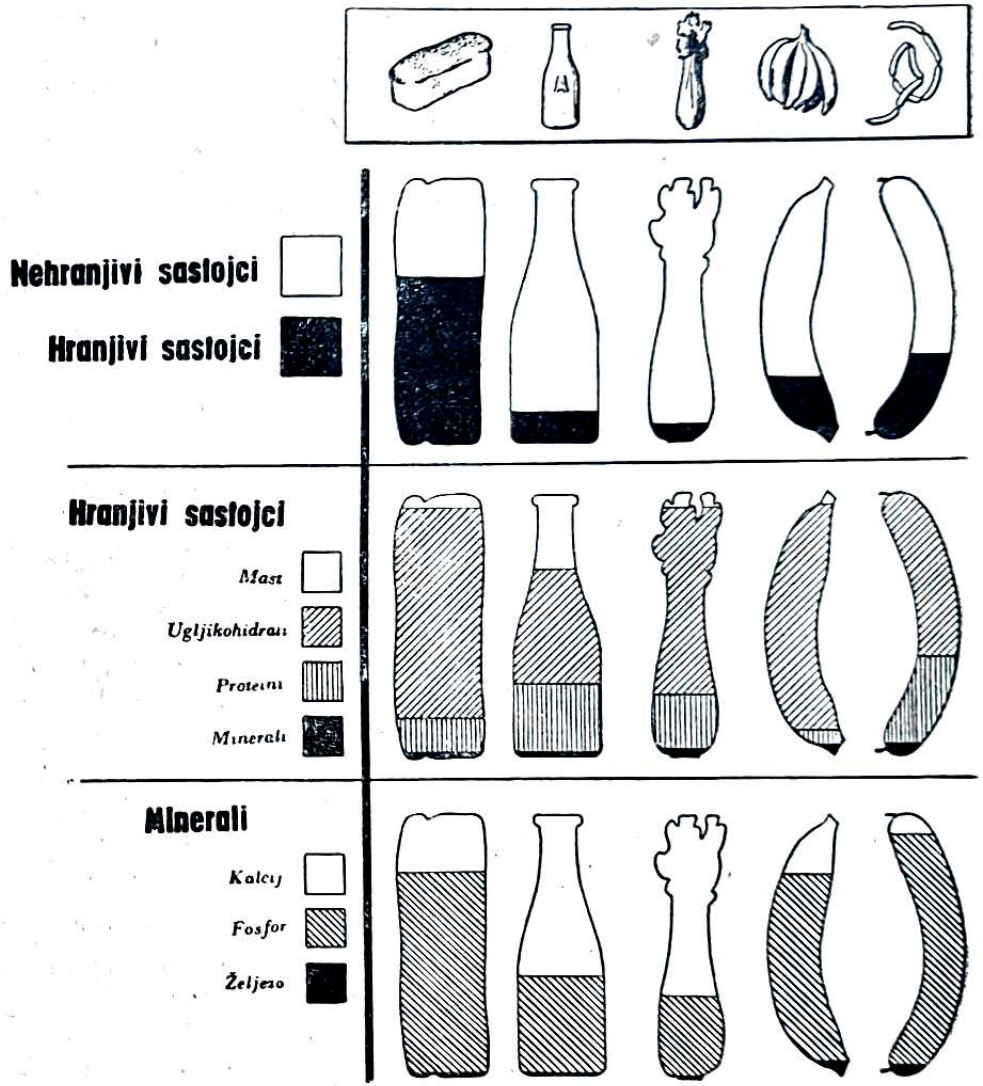
Da bi se potpuno približili tom pitanju, potrebno je pitati nešto drugo: Kako se može znati, da je neka do sada nepoznata supstanca, koju sebi ne možemo predstaviti, potrebna odnosno poželjna u ishrani neke životinje? Kad ne bismo poznavali odnosno imali iskustva s prirodnom hranom, to bi zaista bio nerješiv problem. Kad bi učenjaku dali jedan sasvim nov oblik života, da mu priredi hranu iz epruveta, pustili ga da izmisli ili stvori nove supstance za nove epruvete — organizam bi sigurno za to vrijeme umro od gladi, ako ne i od trovanja. Srećom, kod svakog pojedinog organizma počinjemo s empiričkom hranom, koja se sticala dugim eonima evolucije. Problem dakle leži u tome, da utvrdimo sve sastojke hrane, i da odredimo, koji su važni, a koji ne. Hrana većine životinja — a čovjeku sigurno — krajnje je jednolična. Čovjek može živjeti jedući, već prema običaju, samo kuhani krumpir ili samo ulovljenu ribu. Stanovite supstance zajedničke su svima mogućim odgovarajućim jelima, odnosno bilo koja supstanca može poslužiti svrsi.

Najranija kemijska istraživanja već su pokazala, da hrana sadrži stanovite zajedničke supstance u raznim količinama. Krto meso obiluje proteinima, biljna ulja i masti lipoidima, a krumpir i repa ugljikohidratima. Obratno, svaka sadrži sve vrste supstanca. Pored ovih glavnih prisutno je dosta vode i raznih soli. Važnost soli bila je odavno poznata, jer životinje liže zidove, kad nemaju dovoljno soli u normalnim obrocima, pa i kad su u opasnosti od neprijatelja. Zato pokusne životinje radije hranimo proteinima, mastima, ugljikohidratima i solima nego mesom, slaninom i žitom.

Kojim proteinima treba da se hrane organizmi? U svakoj su prirodnoj hrani neki proteini, koji se razlikuju od drugih u drugoj prirodnoj hrani. To vrijedi djelomično i za masti kao i do izvjesne mjere i za šećere. Kako te supstance ne dolaze u prirodi u čistom kristalnom obliku, to ih prate razna nepoznata onečišćenja. Doista, kada je umjetna hrana bila sasvim čista, pokusne su se životinje osjećale sve lošije. To zapažanje dovelo je do otkrića vitamina. Naravno, želimo li sa sigurnošću znati, čime treba hraniti životinju, moramo joj davati

obroke, koji su potpuno sintetizirani. Takav će obrok biti sastavljen od savršeno čistih sastojina u poznatim količinama. Ako se organizam, koji uzima takvu mješavinu, osjeća dobro, znači, da ne postoji manjak neophodno potrebne supstance.

To se lako postigne u pokusu s plijesnima, a moći će se



Većina hrane sadrži sve vrste hranjivih sastojaka, ali u vrlo različitim omjerima.

postići i sa štakorima. No, još uvijek nije uspjelo sintetizirati proteine u čistom obliku, ali se to nadoknadilo time, što se pošlo obrnutim putem. Svi su proteini građeni od oko 24 iste građevne jedinice — aminokiseline — te se tokom probave opet razgrađuju na aminokiseline. Zato može poznata smjesa čistih aminokiselina nadomjestiti proteine u sintetskom obroku. Na isti se način uzimaju čisti sastojci masti, a mjesto ugljikohidrata, njihov zajednički sastojak glukoza. Međutim, organizmi hranjeni pogodnom smjesom tih sastojaka brzo uginu čak i onda, ako dodamo uobičajene soli. S druge strane, umjetni obrok postaje često potpun, dodamo li mu životinjski ili biljni ekstrakt, iz kojeg su odstranjeni svi proteini, masti i ugljikohidrati. Problem, koji je time nastao, bio je kemijski problem. Trebalo je pronaći bilo izolacijom, bilo sintezom supstance prisutne u sirovom ekstraktu tkiva, koje odlučuju o životu i smrti, kada se dodaju umjetnom obroku, koji inače odgovara i po kalorijama i po poznatim hranjivim sastojcima.

Ovakvim neposrednim i krajnje napornim pokusima, kombinirajući kemijske i biološke metode, pronađeni su jedan za drugim dodatni faktori, koji upotpunjuju obrok. Što ih je više bilo poznato i izolirano u čistoj formi, to je bilo lakše pronalaziti one, koji su nedostajali. Nadalje, što se više raspolagalo sastojcima, koji omogućuju preživljavanje pokusnih životinja, to se više moglo otkriti drugih tvari, koje, iako nisu prijeko potrebne za održavanje života, jesu ipak poželjne, odnosno važne za održavanje potpunog zdravlja. Očekuju se daljnja otkrića u ovoj posljednjoj grupi. Kod plijesni Neurospore danas su sigurno poznate osnovne sastojine hrane, dok su kod štakora, a pogotovo kod ljudi, nedovoljno istražene.

Postoje još mnoge druge poteškoće pri sastavljanju potpunog obroka. Stanoviti hranjivi obroci nepodesni su ne zbog manjka neke važne sastojine, nego zbog prisutnosti štetnih supstanca. To se može brzo primijetiti, ako se radi o otrovu, kao na pr. kod otrovnih gljiva; ali je situacija nejasna, ako dvije supstance A i B svaka za sebe povoljno djeluju, dok zajedno uzrokuju oboljenje. To je navelo učenjake, koji se bave

prehranom, na otkriće a.tivitamina i sličnih tvari, koje se miješaju s glavnim hranjivim supstancama, reagirajući s njima kemijski i tako sprečavajući njihovu apsorpciju ili pak samostalno nepoželjno djeluju unutar tijela. Antibakterijalni učinak sulfamida očit je primjer tog djelovanja, iako u različitoj sredini. Drugi je način međusobnog djelovanja, ako se potrebna supstanca ne nalazi ni u A, ni u B, nego nastaje tek njihovim međusobnim djelovanjem, kao na pr. tokom probave. Uzimanje hrane i probava moraju se dakle promatrati kao cjelina. Stoga neki sastojci, iako pristupni u potpunom obroku, mogu nestati kod apsorpcije bilo zbog nekih smetnji ili zbog prisutnosti drugih tvari u obroku. Može se dogoditi i slijedeće: bakterije, koje žive normalno u crijevnom traktu, mogu stvarati razne supstance neophodno potrebne domaćinovu organizmu, koje se kao takve ne mogu naći tokom pokusnog hranjenja. Takve supstance dakle ne moraju biti prisutne u hrani, jer se stvaraju na samome mjestu.

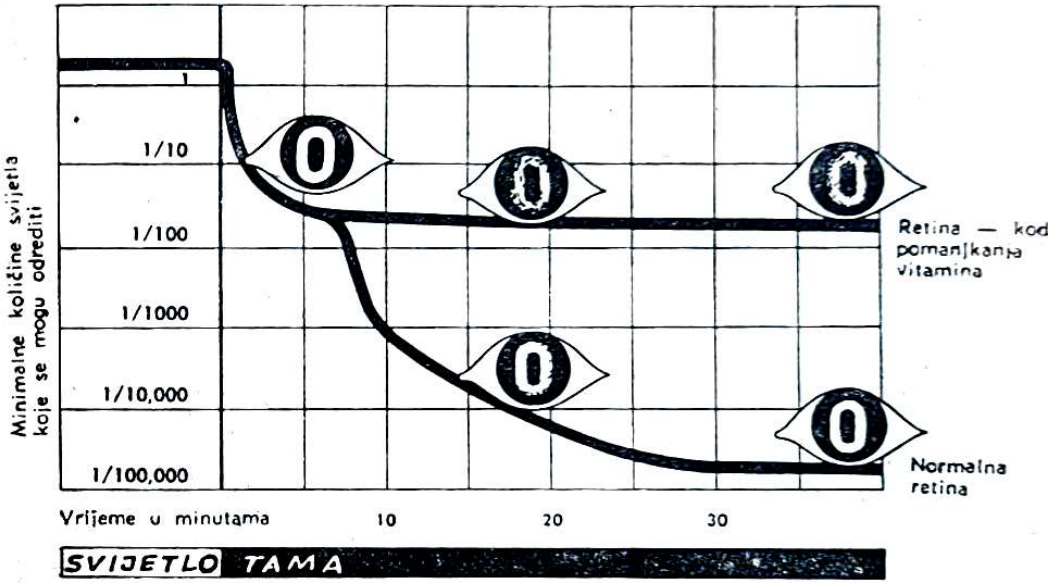
Konačna poteškoća, koju valja spomenuti, tek je nedavno uočena. To je povezano s pitanjem, kada treba jesti, a ne šta i koliko. Skočimo časkom naprijed. Hrana se zadržava u želucu i crijevima oko jedan dan. Tu se postepeno miješa s probavnim sokovima i postepeno se kemijski raspada u »građevne jedinice«, koje su topive i koje se mogu apsorbirati. Tako se bjelančevine cijepaju u aminokiseline, koje prolaze kroz stijenke crijeva u krvni tok i tako se raznose okolo po tijelu u razna tkiva i organe. One služe za ponovno stvaranje novih proteina tijela, i to im je jedan od najvažnijih zadataka. Tako nastali proteini često su sasvim različiti od onih, koji su primljeni hranom, pa zato imamo karakteristične proteine mozga, mišića, krvi i jetre miša ili čovjeka, već prema tome koje od njih promatramo. Mislilo se, da se unošenjem glavnih sastojaka, uključivši i razne potrebne aminokiseline u organizam u duljim vremenskim razmacima, stvara neka vrsta pokretne rezerve, iz koje se mogu u dokolici stvarati novi proteini i drugi sastojci tijela. Međutim to nije tako. Ako se daju štakoru sve potrebne aminokiseline u dovoljnim količinama, ali u raznim vremenskim razmacima, recimo 3 sata

jedna za drugom, životinja je nesposobna da iz njih stvori vlastite proteine. Kao da je neki slagar obilježio njihove forme raznim slovima, od kojih neka slova vrijede samo ujutro, a druga samo popodne.

Zaustavimo se koji čas na pitanju, koliko treba uzimati hrane? Budući da danas prilično točno znamo, koje su supstance potrebne u obroku, i to bolje nego složene smjese prirodne hrane, to pitanje količine postaje specifično za svaku hranjivu komponentu. U slučaju čovjeka odgovor je na to pitanje od golemoga praktičnog značenja i mora biti jasan, jer inače nastaju nepopravljive štete. Potrebe moraju biti određene ne samo s obzirom na golo preživljavanje, nego i s obzirom na optimalno zdravlje. U tom smislu istraživači su postavili različite specifične kriterije. To su na pr. fiziološka osjetljivost, kao osjetljivost očnog vida u noći u vezi s vitaminom A; anatomska mjerenja rentgenskim zrakama krajeva kostiju u vezi s vitaminom D; pokusi osjetljivosti živaca na stilmulaciju u vezi s tiaminom i kalcijem; pokusi u vezi s inteligencijom, na koju možda utječe glutaminska kiselina u hrani. U vezi s tim razvile su se kemijske i mikrobiološke metode, koje su dovoljno osjetljive za mjerenja krajnje malih količina raznih supstanca prisutnih ne samo u hrani, nego i u mokraći, u izmetinama i u krvi. Tako se mogu odrediti količine hranjivih sastojaka u krvi, koja ulazi ili izlazi iz pojedinog važnog organa iz tijela, pa čak i količine prisutne u samim tim organima. Opazilo se, na pr., da su svakodnevni obroci, što su ih primali bolesnici nekoga velikog državnog zavoda za umobolne, bili manjkavi u pogledu tiamina. Taj je vitamin potreban u metabolizmu laktata i piruviata, koji se stvaraju normalnim uživanjem šećera. U nedostatku tiamina koncentracija piruviata u krvi poraste, što se pokazalo kod spomenutog uzimanja redovite hrane.

Tako je prije postavljeno pitanje »što treba jesti« daleko od potpunog odgovora. Pretpostavimo li, da točno poznajemo svaku supstancu u potpunom obroku, preostaje još pitanje, zašto su te supstance glavne, zašto tijelo radije uzima prerađenu hranu i zašto nije sposobno da ih sámo izgrađuje. U

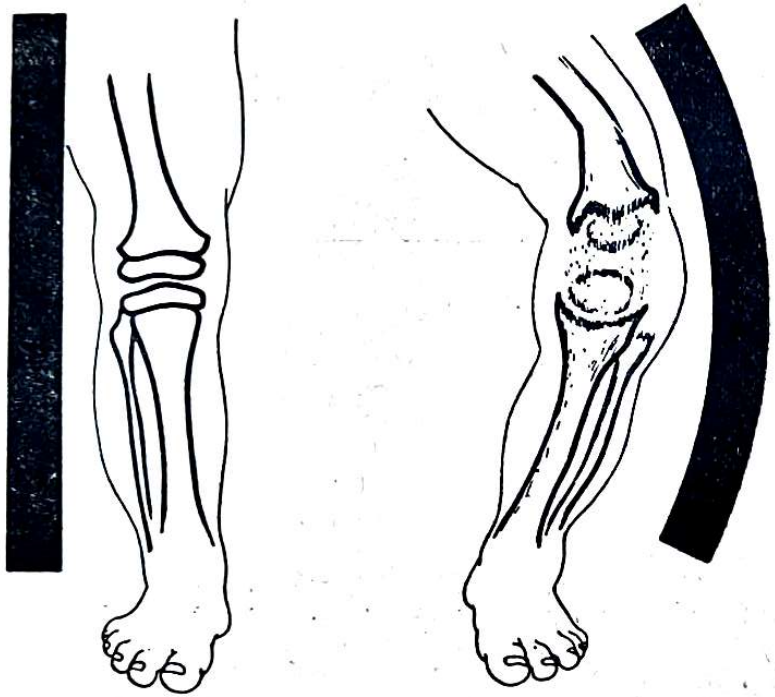
nekim je slučajevima odgovor prilično jasan. Samo su sprave moderne fizike ogromne snage kadre stvarati i razbijati atome, pa je zato jasno, da tijelo mora izvana uzimati potrebne atome, bilo u elementarnom obliku, bilo ugrađene u spojeve. Ugljik, dušik, kisik, vodik, sumpor, fosfor, natrij i elementi potrebni u minimalnim količinama, kao željezo, bakar, man-



Normalno oko s vitaminom A postaje u tami nakon pola sata 100.000 puta osjetljivije na svijetlo, dok kod pomanjkanja vitamina A pojačava samo za 100 puta svoju osjetljivosti. Zato normalno oko vidi prilično dobro noću, dok oko kod pomanjkanja vitamina A pati od »noćnog sljepila«.

gan, jod kobalt, cink, moraju se nalaziti prije ili kasnije u jednom ili drugom obliku u hrani. Ako životinje poput svijeće sagorijevaju stvarajući po satu kalorije topline, to te kalorije moraju biti prisutne u obliku kemijske energije u ovom ili onom gorivu, t. j. u hrani. Ustvari nije svejedno, kojim gorivom opskrbljujemo tijelo, ali nam to za sada nije ni važno. Ono, čemu treba sada posvetiti pažnju, jest nesposobnost tijela da gradi stanovite sastojke, koji su neophodni za život.

Zašto ne mogu organizmi sami stvarati neke vitalne molekule, iako ih trebaju u neznatnim količinama, nego ih uzimaju gotove, dok neke druge, usko srodne supstance mogu stvarati bez vidljivih teškoća, te ih nalazimo u tijelu, bez obzira na to, da li su bile prisutne u hrani ili ne? U ovim je supstancama, koje moramo dodavati tijelu prisutan mnogi



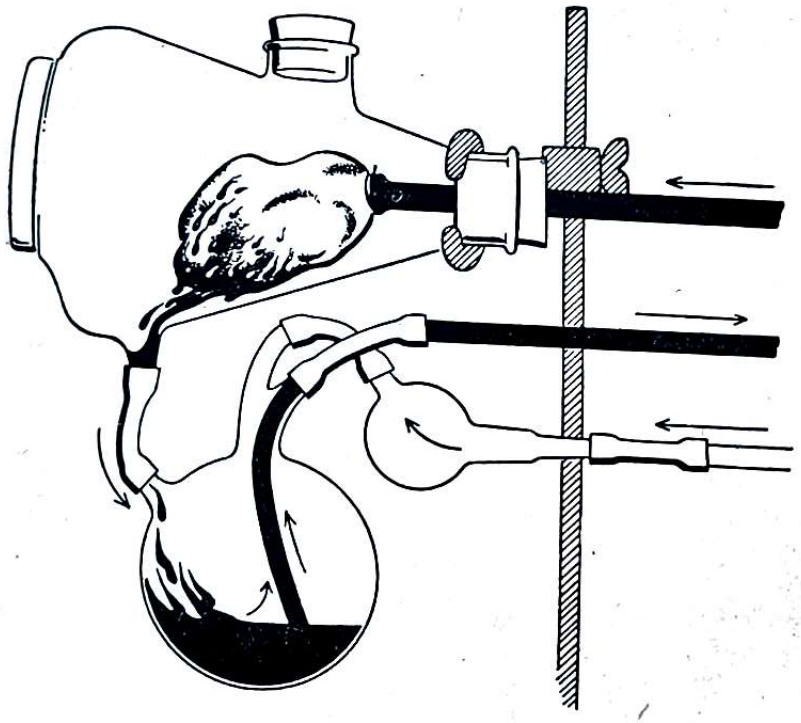
Pomanjkanje vitamina D dovodi do poremećenja rasta kosti i kalcifikacije, kao kod rahitisa.

atom, koji normalno ne nalazimo ni u hrani, ni u tijelu. Štaviše, neke od tih supstanca lako stvara niz živih organizama, te su zato sve te supstance prisutne u normalnoj hrani životinja, a ta je zapravo prikriveno sastavljena od tijela drugih životinja ili biljaka. Biljke same stvaraju sve što im treba za izgradnju vlastitog tijela, a suvišak spremaju, osim, dakako, atoma potrebnih elemenata. Čak i zavisan ili parazitski orga-

nizam, kao na pr. kvasac, treba za svoj razvoj samo čisti šećer, sol i vodu. Tu se dakle stvaraju ne samo posebne supstance, što ih stanica treba, nego se one i akumuliraju u tako bogatim količinama, da je kvasac obično najbolji izvor pojedinih vitamina za druge organizme, pa tako i za čovjeka.

Zašto tako složeni organizam, kao što je čovječji ovisi o jednostavnom kvascu u pogledu vitamina? Životinja mora jesti dnevno mnogo trave ili miševa, da dobije potrebne kalorije. Budući da glavni sastojci tih obroka sadrže u sebi velike količine vitamina, nije potrebno da ih životinja sama stvara. Upravo ta ekonomija snaga dovela je preko stanovitih evolucionih linija do zavisnosti ili parazitizma. Jedan od načina da se objasni priroda virusa, koji mogu živjeti samo unutar živih stanica drugih organizama, jest taj da su tokom degenerativne evolucije postali tako zavisni, da im sve mora biti dobavljeno potpuno gotovo i probavljeno. Što je spriječilo sve životinje da pođu tim putem? Ili zašto i dalje stvaraju većinu molekula, koje sačinjavaju njihovo tijelo? Možda zato, što ih stvaraju relativno lako. Tako dolazimo do velikog područja intramediarnog metabolizma — važnih kemijskih promjena — kojima se podvrgavaju molekule hrane, pošto ih tijelo apsorbira. Kad bismo mogli pratiti put svakog atoma ili molekule koja uđe u tijelo, njena kemijska spajanja, neke stupnjeve njenih preobražaja kod kojih ostavlja tijelo, ili se pak ugrađuje u tjelesnu strukturu, sigurno bismo prilično znali o hrani, pa čak i o rastu i aktivnosti. Zato se biokemija mnogo služi obilježenim atomima i molekulama za istraživanja o zbivanjima u tijelu. Nije čudo, što je napredak u nauci bio polagan i težak, kad znamo, da su supstance, koje uđu u tijelo, gotovo u svim slučajevima identične s onima, koje su već prisutne u njemu. Nije teško pronaći iglu u snopu sijena, jer ga možemo spaliti, već je teško pronaći pojedine slamke u snopu. To bi bilo čak i nemoguće, ako ne bismo pojedine slamke na neki način označili, na pr. sa malo boje. Zato su i učenjaci tako gorljivo prihvatili obilježene atome i molekule. Obilježimo li stanovite vrste molekula jednim ili sa više radioaktivnih atoma, moguće je pratiti njihov put u

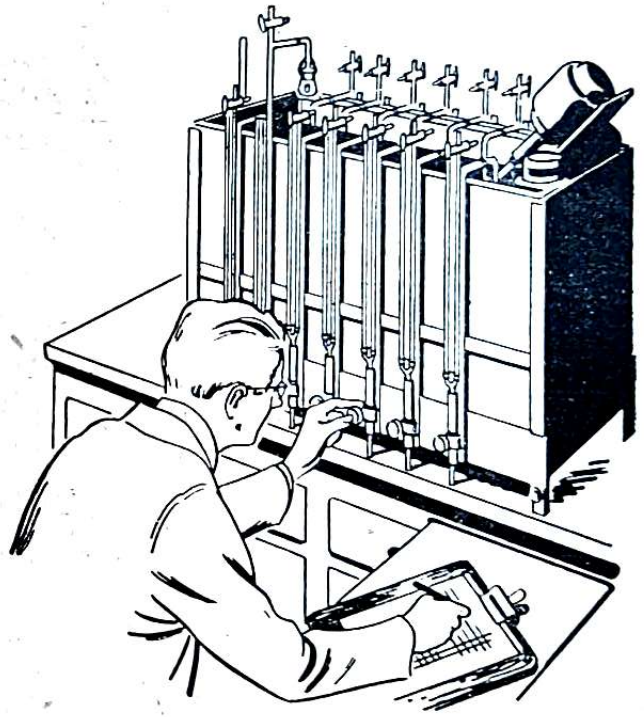
tijelu, dok traje radioaktivnost. Izotopi, koji su kemijski identični s drugim atomima iste vrste, mogu se i u neznatno malim količinama mjeriti modernim instrumentima. Te obilježene molekule, koje putuju krvlju u tkiva i stanice od jednog molekularnog spoja do drugog, mogu uz odgovarajuće metode dati potpunije odgovore na osnovna pitanja prehrane, koji bi bez njih jedva bili mogući.



Izolirana adrenalna žlijezda prelivena hranjivom tekućinom i dalje proizvodi hormone.

Možda je najčešće pitanje, koje nam je još preostalo: »Zašto su te supstance potrebne?« To se pitanje mora očito postaviti za svaku supstancu u hrani, ali isto tako i za pojedine organe i stanice u tijelu te njihove funkcije. Vrlo raširena metoda za rješavanje tih pitanja jesu istraživanja o prehrani direktno na dijelovima tijela, koja mogu dati bolje rezul-

tate nego indirektna metoda studiranja čitava organizma. Kao što je spomenuto prije, to se može donekle postići kvantitativnom analizom supstanca prije ulaska krvi u neki organ, kao i prilikom izlaska krvi iz tog organa. Međutim, na taj je način gotovo nemoguće odrediti sve kemijske sastojine krvi. Cijela se stvar može bolje upravljati, kad se željeni organ odstrani iz tijela i kad se *in vitro* opskrbi poznatim



Warburgova metoda: kisik, što ga troši isječeno ili pulpirano tkivo smješteno u maloj staklenoj posudi u termostatu, može se mjeriti, kao promjena tlaka u pripojenom manometru.

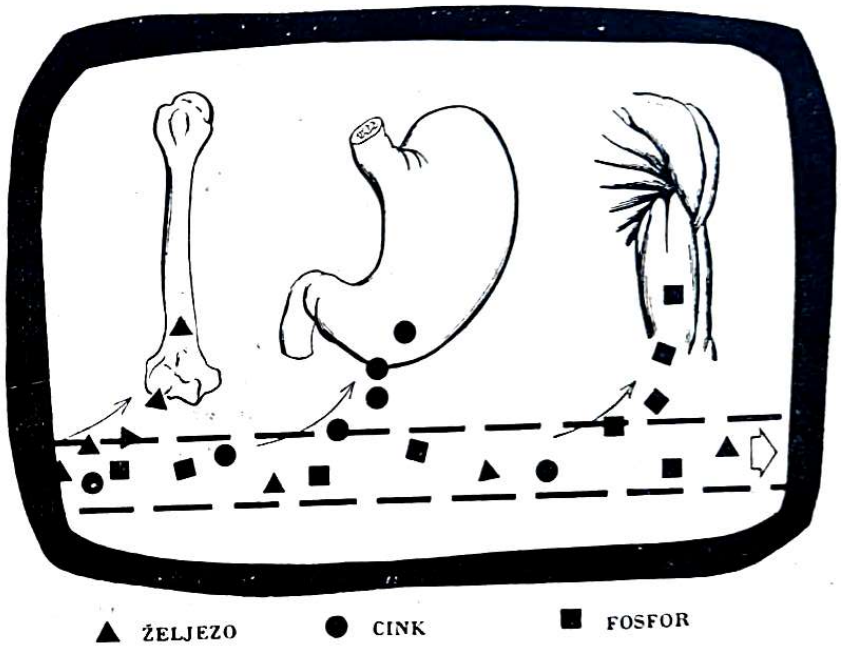
hranjivim sastojcima, koji se pumpaju ili prelijevaju kroz krvne sudove. Na taj način poznata je količina pojedinih sastojaka, koji ulaze u organ, a isto se tako mogu s priličnom točnošću izmjeriti i supstance, koje izlaze. U povoljnim slučajevima moguće je uporedo pratiti i sposobnost organa, da

obavlja svoje normalne funkcije. Tako su izoliranu nadbubrežnu žlijezdu prelili hranjivom mješavinom krvi, kojoj su dodali supstance za koje se mislilo da su prethodnici hormona. Ukoliko su to ti sastojci zaista bili, izlazile su iz žlijezde velike količine adrenalno-kortikalnih hormona.

Druga se metoda sastoji u tome, da se izdvojena tkiva, pa čak i stanice, razrežu tako tanko, da supstance mogu difundirati bez cirkulacije. Zatim se mjere podesnim metodama *in vitro* kemijske promjene, uključujući i potrošnju kisika. Današnja istraživanja tako su smiona, da se poslije razrezivanja i pulpiranja tkiva mogu izdvojiti dijelovi pojedinih stanica sve do jezgre, mitohondrija, ili drugih staničnih organula različitim centrifugiranjem razdrobljene stanice.

Tim raznim načinima moguće je vidjeti, koje supstance svaki pojedini tjelesni dio treba i što radi s njima. Ako je tijelu potrebno samo gorivo, može se zamijeniti jedan izvor energije drugim, i svaki će podržavati isti stupanj disanja, fermentacije ili glikolize, već prema tome što je potrebno. Ali ako se hranjive sastojine ne razgrađuju za dobivanje energije, već služe kao građevne jedinice ili pomažu izgradnju, onda se ne mogu ničim nadomjestiti. Stvara li koštana moždina crvena krvna zrnca pomoću hemoglobina, koji sadrži željezo, tijelo mora primiti željezo. Ako je stanicama želuca potreban encim, koji uslovljava pripremu HCL za probavu, a taj sadrži cink, onda cink mora dospjeti u želudac. Da bi se u mišićnoj kontrakciji stvorio adenozin trifosfat, mora fosfor dospjeti u mišiće, a isto tako i komponente adenozina, ili se pak moraju stvoriti. Svaka tjelesna stanica kupa se u istoj krvnoj plazmi ili soku tkiva i odavle uzima sastojke u količinama potrebnim za zdravu i normalnu funkciju. Neke od njih upotrebljavaju kao takve, na pr. glukozu kao gorivo; druge stalno mijenja tokom staničnog metabolizma u sastojke, koji su joj potrebni. Tako se na pr. tiamin kao takav apsorbira u crijevu i dolazi u krv. Međutim kada uđe u stanicu, on se brzo spaja sa fosforom i daje novu molekulu, koja je dio encimskog sistema, koji odcjepljuje iz spojeva tokom sagorijevanja ugljični dioksid. Tiamin je sam po sebi inaktivan,

a isto je tako neupotrebljiv i tiamin fosfat, koji se dodaje direktno u krv, jer nakon pripajanja fosfata molekula ne može proći kroz staničnu membranu i tako dospjeti u svoju radionicu. Zato svaka stanica sama gradi razne potrebne supstance, uključujući tu, dakako, i sve usko specifične proteine. Zato krv mora donositi sve potrebne ishodne supstance u sve stanice tijela. Iako je najznačajniji dio metabolizma sličan u



Hranjivi sastojci postaju pristupačni svim organima tijela putem krvotoka. Svaki organ uzima potrebne supstance, slično kao mušterija u gostionici sa samoposluživanjem.

svim stanicama, ipak postoje karakteristične i važne razlike za svaki tip, inače ne bi bilo raznih stanica s jedinstvenom strukturom i funkcijom. Ukoliko se stanica opskrbljuje većim brojem građevnih sastojaka ili pojedinih prethodnika, ili čak potrebnih dijelova iz zajedničkoga krvnog toka, utoliko je njen rad manje specifičan. Stanoviti organi, kao na pr. jetra, imaju zadaću da opskrbljuju krv djelomično prerađenim tvarima.

Pretpostavimo li, da se oksidacijom glukoze stvara veći dio energije, koja omogućava kontrakciju mišića, sekreciju bubrega, pa čak i misaone procese u mozgu, dolazimo do drugoga važnog pitanja, a to je — kakvim se mehanizmima kemijska energija pretvara u gibanje, napetost, nakupljanje supstance i električne baterije i oscilatore. U svakom organu zbivaju se stanovite fizičke i kemijske promjene u posebno organiziranoj protoplazmatskoj strukturi, koje vode do željenih rezultata. Ova je tvrdnja suviše općenita, a da bi nam pomogla odgovoriti na postavljeno pitanje. Put do konačnog rješenja dalek je i težak. Ipak je do danas već mnogo toga postignuto, te već raspolažemo pojedinim specifičnim odgovorima. Tako su danas već prilično detaljno poznate velike vlaknaste molekule, koje se prostiru duž mišićnih tkiva, i koje se skupljaju poput opruge, kada se zbivaju poznate kemijske promjene oko njih, skraćujući na taj način znatnom snagom čitav mišić. Poznato je, da membranina prevlaka svakog mišićnog vlakna predstavlja bateriju nabijenu do desetine volta; znamo, kako se nabija energijom iz metabolizma i kako se opet brzo ispražnjuje jednim nervnim podražajem, koji uslovljava mišićno stezanje. Zato su osnovni problemi fiziologije ujedno i sastavni dijelovi cijele historije o prehrani, hrani i funkciji tijela.

Promotrimo sada jedan od ovih osnovnih problema. Zamislimo, da cijepanje bjelančevina u aminokiseline, pretvaranje šećera u mast i stvaranje adenosin-trifosfata tek što nije počelo. To su složene i zamršene kemijske reakcije, koje u laboratorijima uspijevaju samo pod određenim okolnostima i djelovanjem jakih agensa. Da bi se bjelančevina probavila u epruveti, potrebno je dugo kuhanje s jakom kiselinom — dakle, potrebni su uvjeti, koji nisu suviše pogodni za naš crijevni trakt. Očito je dakle, da tijelo posjeduje naročite agense ili oruđa, kojima vrši željene reakcije. To su encimi, koji djeluju unutar stanice, ili ih stanica izlučuje. Kemičari i kuhari koriste se danas tim encimima u svom radu. Omekšivač, koji se danas općenito upotrebljava, i to naročito za meso,

zapravo je encim koji probavlja bjelančevine, a dobiva se iz biljke papaye.

Svaka stanica tijela ima niz svojih vlastitih encima. Stanice žlijezda ne samo da ih sadrže, nego mogu stanovite encime i izlučivati. Mnogi encimi zajednički su većini ili svima stanicama; ako se stanoviti encimi mišića oštete, mogu se potpuno nadomjestiti onima iz ekstrakta kvasca. Ti zajednički encimi, prisutni u raznim stanicama, potrebni su samo u minimalnim količinama, jer je njihova aktivnost vrlo velika. U hrani su također potrebne samo krajnje male količine vitamina. To bi značilo, da vitamini nisu potrebni ni kao pogonski, ni kao građevni materijal masivnih tkiva, nego možda prije kao kritični sastojak prilikom stvaranja encima. Jedno od najzanimljivijih poglavlja u istraživanjima prehrane u posljednjih deset godina bilo je dokazivanje takve veze između vitamina i encima i utvrđivanje pravih odnosa na mnogim primjerima. Osim zajedničkih encima mora, dakako, svaka stanica posjedovati i neke svoje specifične, i baš zbog te specifičnosti znamo o njima manje nego o prvima. Iako je većina encima prisutna samo u malim količinama, ipak su oni sastavni dio stanice, te ih tijelo mora izgraditi. Kako je svaki pojedini encim izvanredno složena i specifična molekula, to bi ona trebala druge encime, da je pomognu izgraditi. Ti encimi opet bi dalje trebali druge, i tako dalje. Prema tome bi se neograničen broj encima stvarao u stanici od bezbroj drugih encima, i to bi išlo u beskonačnost, što je nemoguće. Negdje u tom nizu mora dakle biti jedan ili više encima, sposobnih da stvore niz drugih, koji, jednom stvoreni, ovise ne samo o početnim encimima, nego i o uvjetima, pod kojima djeluju. Budući da razne tjelesne stanice potječu od istog oplođenog jajeta, logički se smatra, da se u originalnim genima i hromozomima nalazi početna materija encima. Zato ćemo našu daljnju pažnju posvetiti specifičnim uvjetima, pod kojim oni djeluju u pojedinim stanicama.

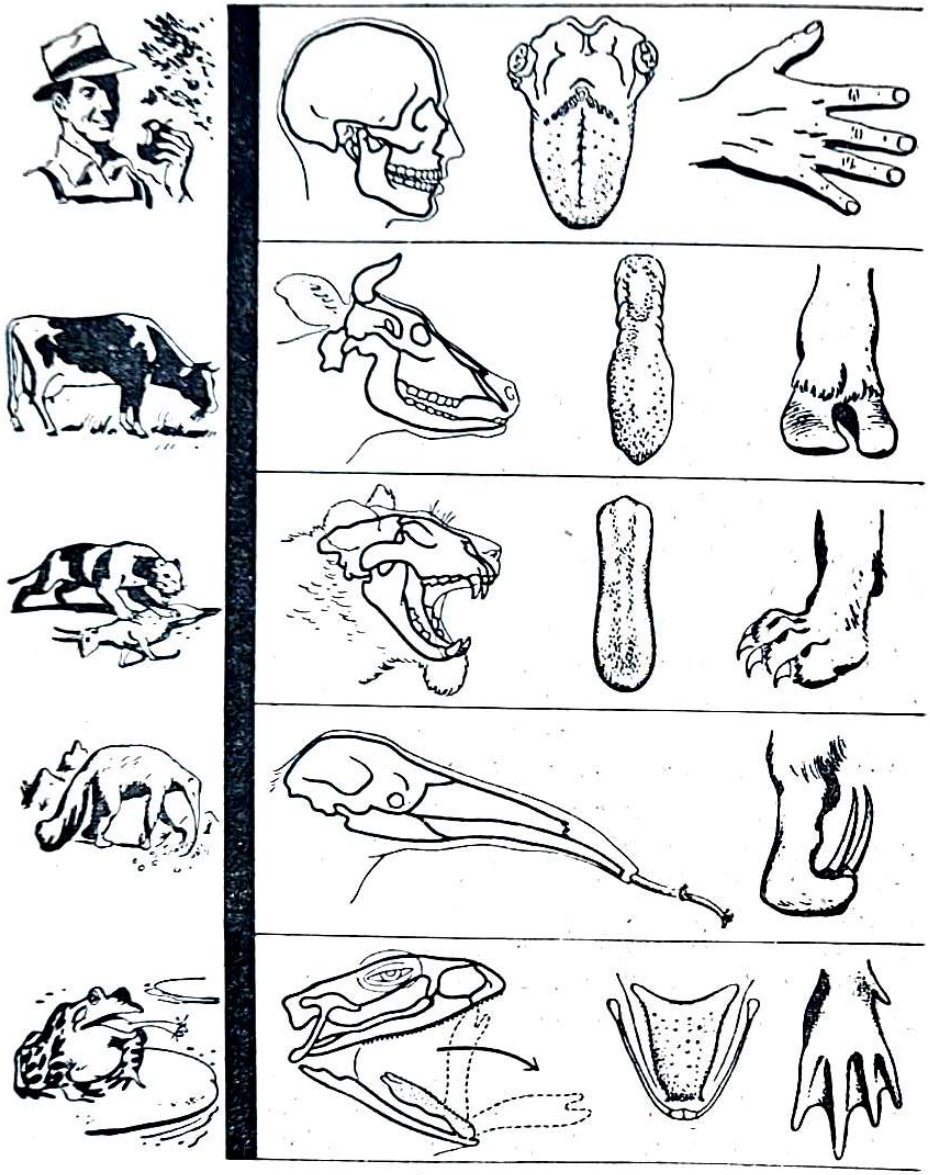
Pokusima na embriju, koji se razvijao, pokazalo se, da na razvitak stanice jako utječe okolina, količina i vrsta tvari, koje neposredno okružuju stanicu. Ako komadić embrija, čije

bi se stanice normalno razvile u jetra, kožu ili drugi točno određeni organ, transplantiramo u sasvim drugi položaj u tijelu, ove se iste stanice mogu razviti u crijevo, oko ili bilo koji drugi organ. Naslijeđeni se poredak gena nije mijenjao, nego samo uslovi, pod kojima oni djeluju. Posljedica toga jest dovoljno različita zbirka encima i struktura, tako da se nastale stanice potpuno razlikuju, po izgledu i funkciji, od onih, od koji su inače potekle. Uslovi sredine, koji upravljaju ovim razlikama, općenito su nepoznati, ali je sigurno, da je pri tome važan faktor koncentracija stanovitih supstanca u krvi, koja opskrbljuje stanicu. Evo i drugih primjera: Niski sadržaj kisika u krvi stimulira stanovite stanice koštane moždine na pojačano stvaranje crvenih krvnih zrnaca; nedostatak hrane za vrijeme nekih stadija trudnoće može izazvati rađanje raznih nakaza; stanoviti hipofizni hormon uslovljava rast, čak može dovesti i do prevelikog rasta kostiju, dok drugi opet upravlja dozrijevanjem grudi i produkcijom mlijeka. Određene jednostavne kemijske tvari, hormoni rasta biljke — mogu razvijati, odnosno zaustavljati produljivanje biljnih stanica, te mijenjati čak i konačnu veličinu i oblik tijela biljke. To je dakle čitava priča u priči kao što je već ispričana u knjizi *Stanice u diobi.**

Nešto u ovim primjerima zaslužuje našu daljnju pozornost. Rast grudi za vrijeme trudnoće, koji dovodi do stvaranja mlijeka, nije progresivni rast, nego je uvjetovan posebnim vremenskim funkcionalnim stanjem, koje kasnije opet prestaje. Bit je u tome, da stanovita stanica ne postaje potpuno fiksirani tip za vrijeme svoga dozrijevanja i da ne ostaje nešto konstantno. Čak i kada je potpuno zrela, može mijenjati svoju encimsku aktivnost, a s time u vezi i svoj metabolizam, oblik i funkciju. To se zbiva brže ili polaganije, već prema promjenljivim potrebama čitava tijela. U ranoj trudnoći nježna mišićna vlakanca maternice povećavaju se do 100 puta u roku od nekoliko sedmica. Istodobno mijenjaju svoju osjetljivost prema raznim kemijskim stimulansima i postaju kontraktilna. Tim polaganim promjenama potpuno upravljaju hormoni, koji dospijevaju u stanicu putem krvi. Njihova se koncentracija mijenja pod utjecajem promjena u tijelu, naročito u ovariju. Nasuprot tome, prugasto mišićno vlakno u bicepsu može se stegnuti jednim jedinim živčanim podražajem i povećati brzinu izmjene tvari za oko 30 puta u nekoliko stotinka sekundi. Ova je funkcionalna promjena prebrza, a da bi proizlazila iz opće hormonske aktivnosti. Nju izazivaju druge kemijske promjene unutar same mišićne stanice, koje na taj način mijenjaju aktivnost svoga vlastitog encimskog sistema. Nauka o ishrani mora obuhvati ne samo posebne supstance, koje nastaju, nego i promjene, koje se zbivanju u tijelu; zatim mehanizam, koji provodi te promjene, i način upravljanja tim kemijskim tvarima, tako da sve harmonira za dobrobit čitava organizma; isto tako i puteve, kojima se te zamršene međureakcije zbivaju, kako bi se održala normalna struktura i funkcija tijela. Ova duboka, ali obično prikrivena zbivanja ne iscrpljuju problem ishrane. Uvijek je potrebno promatrati cijeli organizam u vezi s njegovom okolinom, t. j. opskrbljivanjem hranom. U problemu ishrane važni su odnosno potpuno određeni faktori kao na pr. prostranstva, na kojima je stanovita vrsta raširena; zatim posebna ekološka područja, što ih vrsta zauzima unutar toga prostranstva; zatim put, kojim se razvijao njihov probavni trakt, udovi i zubi; njihov normalan život i životne aktivnosti, i mnogi drugi faktori. Populacija i njena gustoća ovisi o godišnjim dobima, o obilju onoga, što vrsta jede, i u mnogim slučajevima od onoga, što nju jede.

Ta se razmatranja mogu primijeniti na ljude kao i na ostale životinje. Ali kod čovjeka ima i daljnjih otežavajućih faktora: religiozne i druge tradicije, ukus, rašireni umjetni sistem proizvodnje hrane u poljoprivredi i stočarstvu, sistem transporta i uskladištavanja, te ekonomski utjecaji, kao kupovna moć i mnogi drugi. Ljudska je populacija nekog kraja prvenstveno određena količinom pristupačne hrane. Upravljanje rađanjem malo utječe na svjetsku situaciju, i u većini krajeva mnogo hrane uslovljava veću, a manje hrane manju

* Gerard, R. W. »Stanice u diobi« *(Unresting Cells,* New York, Harper and Bros., 1940.) — *Prev.*



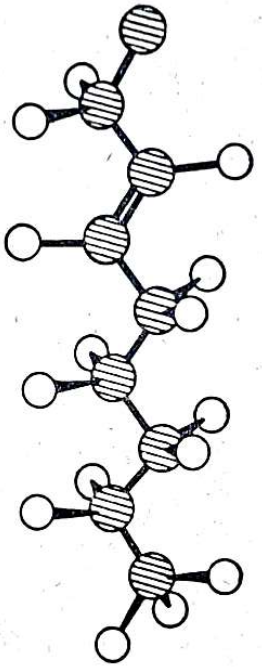
Zubi, jezik i udovi životinja razvijali su se prema načinu pribavljanja hrane.

populaciju. Ciklus obilja i prenapučenosti, nerodice i gladi, stalno se ponavlja. Prehrana civiliziranog čovjeka danas se brže mijenja zbog transporta egzotične hrane iz svih dijelova

svijeta, zbog mogućnosti očuvanja sezonskih proizvoda kroz čitavu godinu umjetnim smrzavanjem, zbog proizvodnje bijelog žitnog brašna i čistog kristaliničnog šećera i konačno zbog široke propagande, kojom razne kompanije propagiraju pojedine svoje proizvode.

U svijetu, koji je utjecajem nauke postao manji i nezavisniji, postali su važni i politički faktori. Nadzor nad proizvedenom količinom hrane, postignutim cijenama, količinama zalihe, pa čak i racioniranje potrošnje, postaje sve bitniji faktor s mijenjanjem uslova u nekom kraju. Promet hranom među pojedinim krajevima, bilo naturalnom zamjenom, bilo kupovinom ili darovanjem, duboko se mijenja s brzim mijenjanjem ekonomskih i političkih faktora. Slanje paketa »Care« po svem svijetu uslovila su jednostavna humanitarna shvatanja — međutim, da li će Sjedinjene Države slati jaja u Britaniju, rižu u Kinu, ili mlijeko za Hotentote u velikim količinama ili nikako, ovisi o unutarnjem pritisku farmera i trgovačkih grupa, te o vanjskom pritisku velikih sila, koje se bore za pozicije. Jednog dana možda će sasvim razumska razmatranja rješavati problem prehrane među narodima, ali je taj dan još daleko, a dotle možemo biti ohrabreni prvim korakom u tom pravcu, kao što je to na pr. stvaranje specijalnog organa unutar Ujedinjenih nacija, koji se bavi tom problematikom, a to je FAO.

Ova knjiga pokušat će predočiti cijelu sliku prehrane od pojedinih atoma u tijelu do ljudi u društvu. To je veliko područje, koje se može ocrtati samo u krupnim potezima, ali zato pruža u glavnim crtama historiju hrane i života.

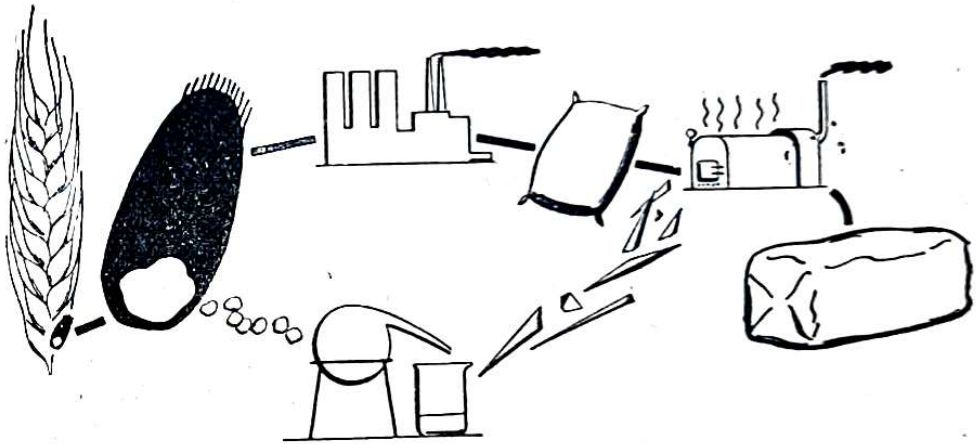


DRUGO POGLAVLJE

Hranjivi sastojci hrane

Ova će knjiga većini čitalaca eventualno praktično koristiti izlaganjem umijeća u izboru hrane i odabiranju odgovarajućih obroka. Ispravno rasuđivanje treba steći učenjem, koje se bazira na razumijevanju triju glavnih točaka: koje su potrebe tijela, koja hrana podmiruje te potrebe, i kako tijelo tu hranu prerađuje u vlastite tvari i energiju za životnu aktivnost. U slijedećim će poglavljima biti uglavnom izneseno, što zapravo tijelo radi s hranom, koja ulazi na usta; a od čega je sastavljena hrana, koju tijelo iskorišćuje, opisuje ovo poglavlje. To je poznata historija proteina, masti, ugljikohidrata, vitamina i minerala s detaljima, što su ih otkrila novija istraživanja u medicini i prehrani.

Još se uvijek čuju povremena izrugivanja o tome, a naročito kada se radi o takvim hranjivim faktorima, kao što su vitamini i minerali. Postoji mišljenje, da su se naši preci osjećali dosta dobro hraneći se onim, što im je bilo pri ruci, iako nisu nikad čuli o uravnoteženosti obroka ili o dodatnim hranjivim faktorima. To je točno u izvjesnom smislu, kad se radi o bogatim narodima, koji imaju velik izbor prirodne i neprerađene hrane, kao žita, velikih količina mesa, žlijezdanih organa, ribe i obilja svježeg mlijeka i jaja sa farma.



Klica, koja sadrži vitamine, odstranjuje se iz pšeničnog zrna, prije nego što se ono pretvori u bijelo brašno. Dobra prehrana zahtijeva, da se to brašno obogati dodavanjem izgubljenih vitamina i minerala, prije nego što je kruh pečen.

Istina je međutim i to, da bi danas mnogi ljudi bili bogalji ili bi zakržljavili već u najranijoj dobi, ili bi podlegli ranoj smrti, da nisu uzimali potrebne hranjive faktore, ili da ih nisu poznavali. Ni skorbut ni rahitis nisu se mogli spriječiti, dok se nije otkrilo, da su njihovi uzroci u prehrani. Činjenica je, da je čak i početkom ovog stoljeća harala među gradskom djecom epidemija »akutnog rahitisa« — zapravo skorbuta — jer se pasterizacijom mlijeka uništila ona mala količina askorbinske kiseline.

Malo civiliziranih naroda živi danas pod prirodnim okolnostima. Opskrba gradskog stanovništva hranom složen je po-

sao. Hrana se mora uskladištavati, da bi se očuvala kvaliteta, a i zbog transporta. Često je privlačan izgled namirnice kao i izopačen ukus potrošača isto toliko važan, kao i sam kvalitet hrane. Nauka o prehrani razvila se baš zbog manjkavosti prerađene hrane, koja je doduše privlačna, ali nije hranjiva. Poznati klasični primjer jest riža, koja je u svojoj prirodnoj smeđoj formi bila glavna hrana istočnih naroda tokom stoljeća. Međutim kasnije, u XIX. stoljeću holandski je liječnik Eijkman zabilježio, da se kod Javanaca, koji su jeli novu bijelu rižu, s koje je oljuštena smeđa vanjska ljuska radi poboljšanja izgleda i očuvanja kvaliteta, pojavila bolest beri-beri. Nekoliko godina kasnije izoliran je iz ljusaka tiamin ili vitamin B^1. Njime se sprečava odnosno liječi bolest beri-beri. Vidjelo se, da je tiamin esencijalni faktor, koji mora biti dodan hrani, ukoliko se tokom prerade izgubio iz prirodne hrane. Takvi su slučajevi svakodnevni i važni, jer većina gradskog stanovništva jede samo ono, što može naći u prodavaonicama, a njihov je izbor često nerazuman.

Stručnjaci, koji se bave prehranom, postali su graditelji, koji ugrađuju hranu u život. Njihova nauka nije jedinstvena, nego kombinacija kemije, poljoprivrede, fiziologije, biokemije i drugih. Njihova je sirovina pristupačna hrana. Slično kao i graditelji, oni moraju znati njenu kakvoću, količinu i sastav. Međutim, graditelja ne zanima drvo, ilovača i staklo; naprotiv, on misli o gotovoj građi od tog materijala: o drvenoj građi, o ciglama, o staklenim pločama. Stručnjaka, koji se bavi prehranom, ne tiču se toliko meso, brašno, špinat, koliko pravi hranjivi sastojci, što ih oni sadrže, a to su proteini, masti, ugljikohidrati, vitamini i minerali.

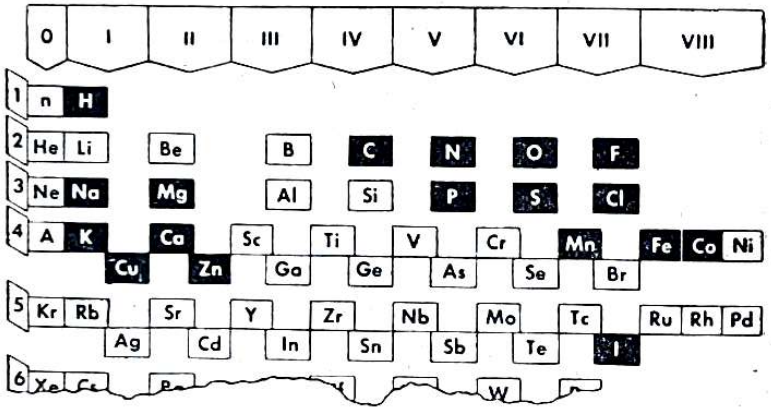
On misli u izvjesnom smislu na hranjenje potrebnim atomima i molekulama, u pogodnim omjerima i količinama i u pravo vrijeme. Većina uobičajene hrane sadrži kombinaciju mnogih hranjivih elemenata, ali pojedina hrana ne sadrži sve sastojke u najboljim omjerima. Tako kruh i krumpir sadrže višak ugljikohidrata, ali im nedostaju neke aminokiseline, vitamini i minerali. Meso opet sadrži obilje proteina i često masti, ali mu manjkaju ugljikohidrati i neki vitamini.

Dobro je sastavljen onaj obrok, koji sadrži raznoliku i pogodno sastavljenu hranu, tako da tijelo može od hrane, koja prolazi kroz probavni kanal izabrati one atome i molekule, koje treba za svoju izgradnju, obnovu, rad i energiju. Treba nam dakle istražiti, koji su atomi i molekule, da bismo imali bazu za daljnje razumijevanje, kako se oni troše i zašto su važni za zdravlje. Mislimo, da ne treba posebno naglašavati, da je ljudsko tijelo materija sastavljena od raznih kemijskih sastojina, koja mora trošiti druge kemijske spojeve u svrhu održanja. Jedinica svih kemijskih spojeva, t. j. najmanji dio, koji je sposoban da samostalno postoji, jest molekula. Pojedine molekule, koje međusobno reagiraju u kemijskim reakcijama, na pr. u probavi i disanju, čine neku vrstu prometa ili izmjene atoma, od kojih su sastavljene. Atomi stijena, zvijezda ili živih tijela još su manji. Oni su građevne jedinice svih molekula. Neke molekule sadrže vrlo malo atoma. Molekula vode, na pr., ima samo dva atoma vodika i jedan atom kisika i piše se H_2O. Ugljični dioksid, plin, koji izdišu sve životinje prilikom oksidacije ili sagorijevanja energetske hrane, ima jedan atom ugljika i dva atoma kisika, i piše se CO_2. Međutim neke molekule proteina i ugljikohidrata hrane sadrže tisuću atoma, i njihovu je formulu teško napisati. To znači, da molekule živih bića mogu biti vrlo složene i imati razne kombinacije atoma. S druge strane, one mogu sadržavati samo one atome, kojih ima na zemlji. Poznata su devedeset dva elementa — dakako, ne računajući one, koji postoje samo ograničeno vrijeme, i one, koji su stvoreni umjetnim putem pomoću ciklotrona ili u atomskoj peći.

Od ta devedeset dva elementa obično ih samo jedanaest dolazi u životinjskom tijelu. Za neke je poznato da su prisutni u tragovima, a neki će se još možda pronaći. Kemijski simboli tih jedanaest životnih elemenata jesu: vodik H, ugljik C, dušik N, kisik O, fluor F, natrij Na, magnezij Mg, fosfor P, sumpor S, klor Cl, kalij K, kalcij Ca, mangan Mn, željezo Fe, kobalt Co, bakar Cu, cink Zn, jod. J. Oni su poredani radi lakšeg upoznavanja po rastućim težinama, to jest po težinama njihovih atoma. Za sada je važno spomenuti, da su uključeni

u hranu ne kao jednostavni slobodni atomi, već kao sastojci molekula hrane, kao na pr. šećer. Izuzetak je jedino kisik, koji udišemo plućima u krvni tok u elementarnom stanju.

Neki od tih jedanaest vitalnih elemenata trebaju nam samo za ograničene i naročite svrhe i u relativno malim količinama. Tako se pored ostalog kalcij troši za izgradnju kostiju i zubâ, željezo za crvena krvna tjelešca, a jod za posebne sastojke štitnjače. Četiri od tih jedanaest elemenata, naime



Od devedeset i dva elementa periodnog sistema, koja nalazimo u prirodi, obično je samo jedanaest nađeno u životinjskom tijelu.

ugljik, vodik, kisik i dušik (fosfor ili možda slijedeći po redu sumpor), jesu od odlučujuće važnosti, jer u gotovo neograničenim kombinacijama stvaraju molekule proteina, masti i ugljikohidrata, koji su glavne supstance kako čovječjeg tijela, tako i hrane. Molekule masti i ugljikohidrata sastavljene su od ugljika, vodika i kisika. Proteini sadrže još k tome i dušik. Skelet za sve te molekule stvaraju ugljikovi atomi sastavljeni u duge lance.

U tom su smislu ugljikovi atomi »organski«, jer je organska kemija — kemija ugljikovih spojeva. Ona se tako zove, za razliku od anorganske ili mineralne kemije, jer su u ranijem razvoju kemijske nauke sastojci ugljika bili nađeni samo u živim biljkama i životinjama. Mislilo se zato, da su to isključivo produkti životnih procesa i, analogno tome, biljnih

i životinjskih organa. Danas veliki dio organske kemije ili kemije ugljikovih spojeva obrađuje plastične mase, sintetska vlakna, boje, mirise, sredstva za čišćenje, naftu, gumu i mnoge druge, koji nemaju nikakve veze sa živim bićima i njihovim produktima. Grana organske kemije, koja proučava životne procese i živi materijal, poznata je danas kao »biokemija«. To je kemija hrane i života, a njezina su četiri osnovna elementa: ugljik, kisik, vodik i dušik.*

Složenu historiju kemije živih bića treba, dakako, početi s kemijskim reakcijama u zelenim biljkama, naročito u zelenom lišću. Takve se biljke hrane trošeći nežive tvari: ugljični dioksid, plin iz atmosfere, vodu iz zemlje i atmosfere, nitrate, fosfate, kalijeve soli i druge minerale iz zemlje ili u zemlji dodanih gnojiva. Te im jednostavne molekule ne daju energiju. Biljke primaju energiju od sunca i pomoću nje razgrađuju molekule ugljičnog dioksida i vode i ponovno sastavljaju ugljik, vodik i kisik u daleko složenije organske molekule, koje čine strukturu biljke. Želimo li znati količinu potrebne energije za te građevne operacije, spalit ćemo biljku travu, drvo ili ugljen. Time se sve složene molekule razlažu u svoje atome, koji se spajaju s kisikom i opet pretvaraju u početni ugljični dioksid, vodu i toplinu plamena. Ta toplina predstavlja sunčanu energiju, koja je ušla u njihov sastav. »Fotosinteza« — proces, kojim se zelena biljka gradi, do sada je djelomično protumačena. Biljka je na neki način sposobna da gradi veliki broj raznih proteina masti, ugljikohidrata, a

* Svaki atom ima karakteristični broj valencija ili broj veza, kojima se može vezati s drugim atomima. [Neki, kao željezo, imaju dvije ili više valencija.] Vodik se piše H—, jer ima jednu vezu; kisik —O— ili O=, jer ima dvije veze; dušik

$$\begin{array}{c} | \\ N- \\ | \end{array} \text{ ili } -N= \text{ ili } N\equiv$$

jer ima tri [može imati i pet], i ugljik

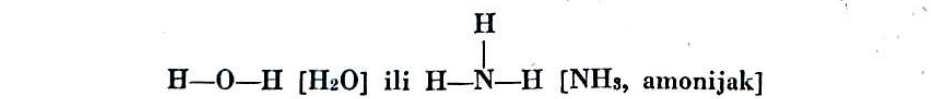
$$\begin{array}{c} | \\ -C- \\ | \end{array} \quad \begin{array}{c} | \\ -C= \end{array} \quad =C= \quad -C\equiv$$

i vitamina. Biljke služe kao hrana životinjama. Zato su životinje i čovjek paraziti prema biljnom svijetu. Bez biljaka, koje prerađuju elemente zraka, vode i zemlje u organske spojeve, ne bi bilo ni životinjskog svijeta. Obratno, mnoge životinje, kao manje ribe i biljožderi ili biljke mesožderi, služe sa svojim preobraženim molekulama kao hrana životinjama mesožderima. Zato životinjska hrana, a naročito ljudska, predstavlja niz složenih organskih molekula, koje ulaze u životinjsko tijelo pretvorene u proteine, masti, ugljikohidrate i vitamine. Biljna i životinjska hrana sadrže i minerale u jestivom obliku.

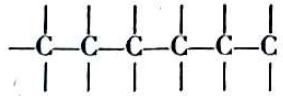
Hranjive tvari obavljaju dvije važne funkcije u životinjskom i biljnom tijelu. One daju tijelu bilo materijal za izgradnju, rast i obnovu, bilo energiju za rad i operacije tijela, t. j. potrebnu tjelesnu toplinu za održavanje života. Kako hrana služi obim funkcijama, to nauka o prehrani obuhvaća obadvije. Pregled glavnih hranjivih tvari najbolje je podijeliti u dva dijela: prvo tvari, koje su neophodno potrebne za izgradnju, rast, obnovu, reprodukciju i ishranu mladunčadi, i drugo, razne tvari, koje služe kao gorivo tjelesnoj mašini, t. j. daju joj toplinu i rad.

Specifični i neophodni hranjivi sastojci za izgradnju tijela jesu: 1) proteini, često spojeni s drugim supstancama, koji grade tkivo; 2) minerali, koji su ugrađeni u koštani skelet i

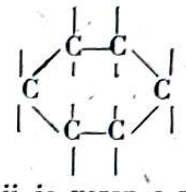
jer ima četiri veze. Kako su te veze električne prirode, to se atomi ili grupe atoma, koje su pretežno negativno nabijene, lako vežu s onima, koji su pozitivno nabijeni, a ne s negativnima. Budući da je vodik jako pozitivan, a kisik i dušik negativni, to se lako stvara:



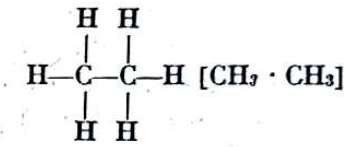
Ugljik je više neutralan i može se vezati s pozitivnim i negativnim atomima, što ovisi o njihovu stupnju oksidacije — broju prisutnih elektrona. Zato se ugljikovi atomi mogu međusobno spajati u duge lance



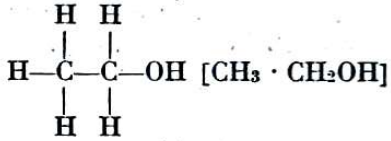
ili prstene:



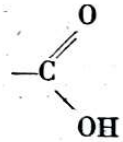
Međutim, određeni atom, koji je vezan s pozitivnim vodikom, ne može se vezati s negativnim kisikom, a da pritom ne izgubi elektrone i tako ne oksidira. Etan



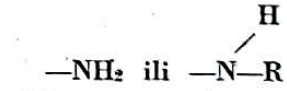
mora se oksidirati u etilni alkohol,



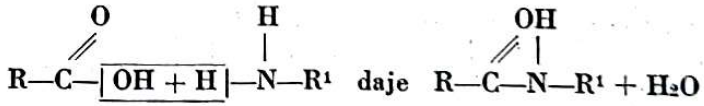
—OH grupa [ili radikal] može se dalje zamijeniti sa NH_2 grupom, te daje etil amin, $CH_3—CH_2—NH_2$. Karboksilna grupa



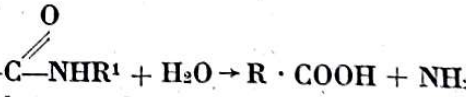
može odvojiti vodik [vodikov ion H^+, jer je kiselina], ali može također nadomjestiti svoju hidroksilnu grupu sa amino-grupom



[gdje je R bilo koja ugljikova grupa kao metil $—CH_3$]. Zato pod pogodnim uslovima



Obrnuta reakcija zbiva se čak i lakše,



To je glavna reakcija probave pri cijepanju [hidrolizi ili razdvajanju pomoću vode] proteina hrane, dok je gornja reakcija važna u izgradnji tjelesnih proteina.

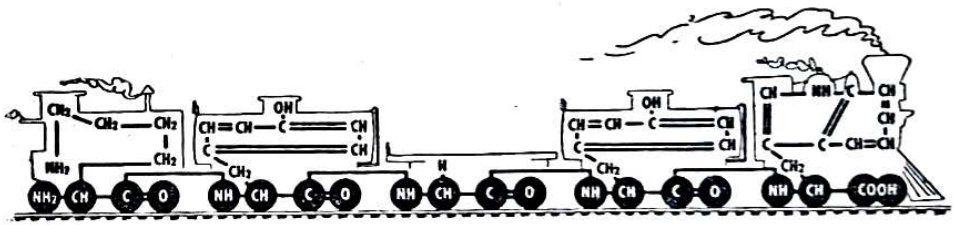
mnoge specijalne organe i kemijske supstance tijela, kao na pr. nosioce kisika u krvi; 3) vitamini, koji su neophodno potrebni za izgradnju tjelesnih katalizatora — »encima«, koji usklađuju obadvije funkcije: izgradnju tijela i oslobađanje energije. Promjenljivi hranjivi sastojci, koji služe kao pogonski materijal i zato se troše ili razaraju u procesu života, jesu većinom: 1) masti ili 2) ugljikohidrati, uglavnom šećer i škrob. Obadvije vrste sadrže mnogo individualnih tipova i vrsta, ali je malo masti, koje su esencijelne, dok se inače mogu jedne zamjenjivati drugima. Kao cjelina one su važne za prehranu. Ako nisu prisutne u hrani, onda moraju tijelu dobavljati potrebnu energiju proteini, uključivši i one, koji su već ugrađeni u tijelu. Zato može tijelo za vrijeme gladovanja i propasti, jer troši vlastite proteine za dobivanje energije, t. j. troši sebe, da bi ostalo živo.

PROTEINI I AMINOKISELINE

Proteini, vitamini i minerali neophodno su potrebni tijelu. Ako ih nema u hrani, životinja slabi i ugiba. Količina potrebnih vitamina i minerala vrlo je malena u poredbi s potrebama proteina, jer je veći dio tijela sastavljen od proteina, koji se moraju neprestano obnavljati i dopunjavati. Glavni sastojci mišića, utrobe, mozga i živaca, kože, kostiju, noktiju, elastičnih i drugih vlakanaca, koja vezuju stanice i tkiva, upravo su proteini. Iz ovoga, što smo rekli, jasno proizlazi, da proteini postoje u različitim oblicima, počev od tvrdih keratina kose i noktiju do mekanog albumina bjelanceta. Ima ih zaista bezbroj tisuća. Iako su vrlo različiti u pogledu fizikalnih osobina, oni su kemijski vrlo slični. Svaki je protein sastavljen od veoma velikih molekula, koje sadrže ne nekoliko, već tisuće atoma. U nekim slučajevima potpuno je poznata kemijska formula, ali u većini slučajeva nije čak ni veličina molekule poznata. Neke najkarakterističnije osobine proteina, kao na pr. nepotpuna topivost (čine koloidalne otopine) u otapalima, u vezi je s veličinom molekule. Kod mišićnog vlakna tisuće atoma isprepletenih međusobno u dugu molekulu sličnu vrpci omogućuju kod malih promjena kemijske sredine stezanje u

oprugu, i tako se skraćuje mišić, a to dovodi do jakog mišićnog trzaja.

Molekule proteina uglavnom su sastavljene od četiri elementa, a to su: ugljik, vodik, kisik, dušik, a često sadrže i male, ali neophodno potrebne količine sumpora i fosfora. Te male količine mogu varirati, ali je za protein karakteristično da sadrži oko 16% dušika, što znači, da 100 grama hranjive bjelančevine sadrži 16 grama dušika. Ostale glavne hranjive sastojine — masti i ugljikohidrati — ne sadrže dušik. Kod analize hrane ili krmiva na sadržaj proteina, kemičar razlaže materiju na taj način, da oslobađa dušik kao amonijak (NH_3), a sadržaj proteina računa tako, da na svakih 16 grama dušika računa 100 grama proteina. Treba dodati još i to, da ima nekih proteina, koji sadrže druge posebne elemente. Tako na pr. hemoglobin crvenih krvnih stanica sadrži željezo; tiroglobulin tiroidne žlijezde sadrži jod, a kazein mlijeka fosfor. Za izgradnju takvih molekula važni su u hrani minerali kao željezo, fosfor i jod.



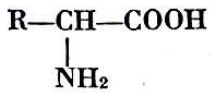
Molekula proteina sastavljena je od raznih aminokiselina, poput teretnog vlaka, koji je sastavljen od raznih vagona. Aminokiseline, ma kako bile različite, imaju, slično vagonima, iste uređaje za spajanje.

Karakteristično obilježje svih proteinskih molekula jest to, da su, premda tako velike, sastavljene od malih jedinica povezanih međusobno u beskonačnom broju na razne načine. Te su jedinice aminokiseline. Ma kako bila velika i složena proteinska molekula, ona je nalik na vlak sastavljen od velikog broja raznih vagona. U toj usporedbi predstavljaju aminokiseline vagone. Kao što ćemo vidjeti kasnije, tokom probave vlak se rastavlja, vagoni se otkapčaju, a aminokiseline tako

odvojene ulaze u sistem. U procesu stvaranja tkiva, aminokiseline spajaju se u nove bjelančevine, koje tijelo može iskoristiti. Tako se stvara novi vlak s nizom pojedinih vagona, kojima sadržaj zavisi o svrsi, kojoj su namijenjene.

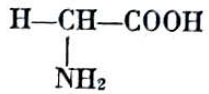
Tu usporedbu s vagonima možemo slijediti i malo dalje. Ono što omogućava, da se vagoni slobodno i po volji prikapčaju i otkapčaju, jest naročiti par uređaja na kraju vagona, koji hvata sličan par na slijedećem vagonu, te ga čvrsto drži za vrijeme vuče i spremno oslobađa, kada vlakovođa okrene polugu za upravljanje. Takav par, samo u kemijskom smislu, jest istaknuta karakteristika molekule aminokiseline. Svaka aminokiselina ima na svom kraju dvije aktivne grupe, koje omogućuju takvo vezivanje. Jedna je aminogrupa NH_2; druga je kiselinska grupa COOH. Odatle i samo ime aminokiseline, jer posjedujući te karakteristične grupe atoma u svojim molekulama, one su u isto vrijeme amini i kiseline. Nadalje, posjedujući obadvije grupe, sposobne su da se povezuju i spajaju s drugim molekulama aminokiselina. Tako se skupljaju u veću proteinsku molekulu u reakcijama, koje smo prije spomenuli. To nam pokazuje, da su obje grupe kemijski aktivne i da odgovaraju isto takvim grupama u drugim molekulama aminokiselina, te da reagirajući kemijski stvaraju polimere, t. j. veće agregate.

Predstavimo li to u kemijskim simbolima, karakteristična formula aminokiseline jest slijedeća:

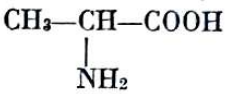


Tu je simbol R općenita oznaka i može predstavljati bilo koju od dvadeset raznih atomskih grupacija. Uzimajući našu uporedbu s vlakom, R je sam vagon, koji može biti bilo zatvoren, bilo otvoren, bilo vagon za ugljen ili bilo koji drugi. Tako isto svaka pojedina aminokiselina ima svoju posebnu formulu za R, ali na kraju imaju sve isti par aktivnih skupina.

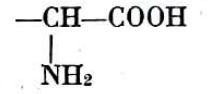
U najjednostavnijoj aminokiselini, koja se zove glicin, na pr., R je sam vodikov atom, tako da je formula glicina slijedeća:



Kod slijedećeg člana tog niza, koji se zove alanin, R je metilna grupa CH_3. Zato formula alanina glasi:

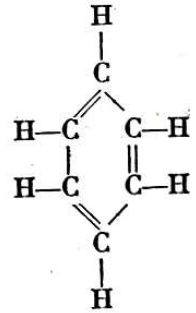


Svih 20 ili više aminokiselina ima na kraju svojih molekula istu reaktivnu grupu, te se one međusobno razlikuju samo po sastojku R. Ove su R grupe prikazane u slijedećim diagramima u obliku modela. U svakom se modelu formula za R aminokiseline upotpunjuje dodatkom grupe



(u slučaju cistina dodane su dvije takve grupe). Kemičari će razumjeti, da slijedeći simbol:

koji se upotrebljava u knjizi u nekim formulama, predstavlja »benzolov prsten« od 6 ugljikovih atoma povezanih naizmjence dvostrukim i jednostrukim vezom i s jednim atomom vodika ili kojim drugim atomom ili grupom na svakom ugljiku.



Treba spomenuti — naročito za kemičare — da su zadnje dvije kiseline izuzeci iz opće definicije aminokiselina, i to zato, što ne sadrže — NH_2 grupu i nisu primarni amini. Obadvije sadrže zapravo = NH grupu, kojom se obilježavaju kao sekun-

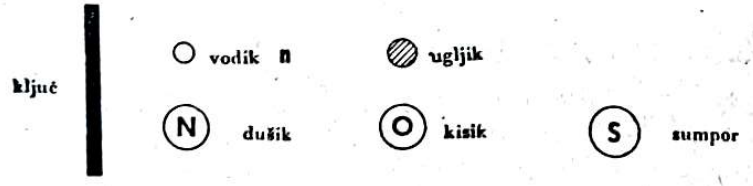
darni amini. Zbog toga je u obadva slučaja napisana formula cijele aminokiseline, a ne samo struktura R kao kod drugih kiselina.

Hidroksiprolin i hidroksilizin (nisu navedene) spadaju među one rijetke aminokiseline, koje nisu jako raširene među proteinima tjelesnih tkiva. One dolaze u bijelim vlakancima, koja vežu tkiva. Slično se i monojodtirozin, dijodtirozin i tiroksin, koji svi sadrže atom joda, nalaze u tiroidnoj žlijezdi, odnosno u tiroglobulinu, proteinu te žlijezde. To su dakle aminokiseline, koje nastaju tokom probave proteina u probavnom traktu. Sasvim je svejedno, da li su proteini životinjskog ili biljnog porijekla, jer, kao što ćemo kasnije vidjeti, svi se cijepaju u aminokiseline. Kada se te aminokiseline (ne sami proteini) u tijelu apsorbiraju kroz crijevnu stijenku, tijelo ih iskorištava za stvaranje novih proteina, ili za ponovnu izgradnju proteina potrebnih za obnovu tijela. Zato su aminokiseline, a ne prirodne bjelančevine, neophodno potrebni hranjivi sastojci. Veoma teškim bolesnicima daju se »putem vene« svi potrebni proteini u obliku smjese čistih aminokiselina.

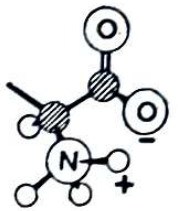
DIJAGRAMI U OBLIKU MODELA

Svaki dijagram u obliku modela na ovoj i na slijedećim stranama predstavlja po jednu molekulu. Veličina i smještaj atoma, koji ju izgrađuju, prikazana je s primjernom točnošću kružićima, a njihova veza s drugima (uključujući jednostavne i dvostruke vezove) prikazana je crticama. Na slijedećim stranamd prikazan je samo jedan dio molekule za svaku od 20 kiselina. Ovaj dio molekule često se označava s R i veže se u svakom pojedinom slučaju slobodnim vezom za grupu prikazanu na vrhu, koja je zajednička svim aminokiselinama. Ta je grupa zapravo grupa amino kiselina CNH_2 . $COOH$. Kao što je točnije prikazano, vodik kiselinske grupe COOH je neposrednije vezan sa NH_2 amino-grupom stvarajući dvostruki ion.

Slijedeći ključ označava atome molekula.

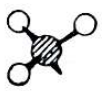


Amino kiselina

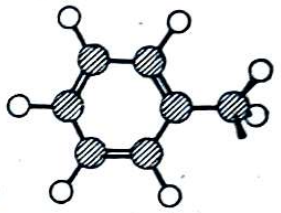


grupa amino kiselina
$C_2H_4O_2N$

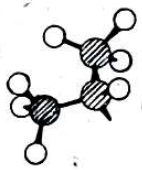
glicin
$C_2H_5O_2N$



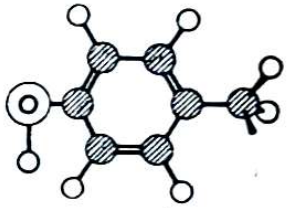
alanin
$C_3H_7O_2N$



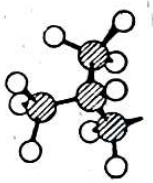
fenilalanin
$C_9H_{11}O_2N$



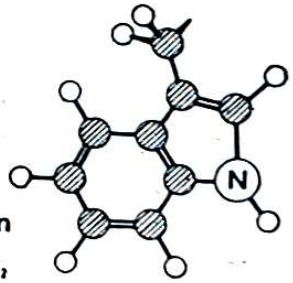
valin
$C_5H_{11}O_2N$



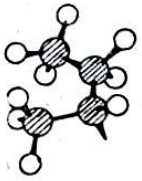
tirozin
$C_9H_{11}O_3N$



leucin
$C_6H_{13}O_2N$

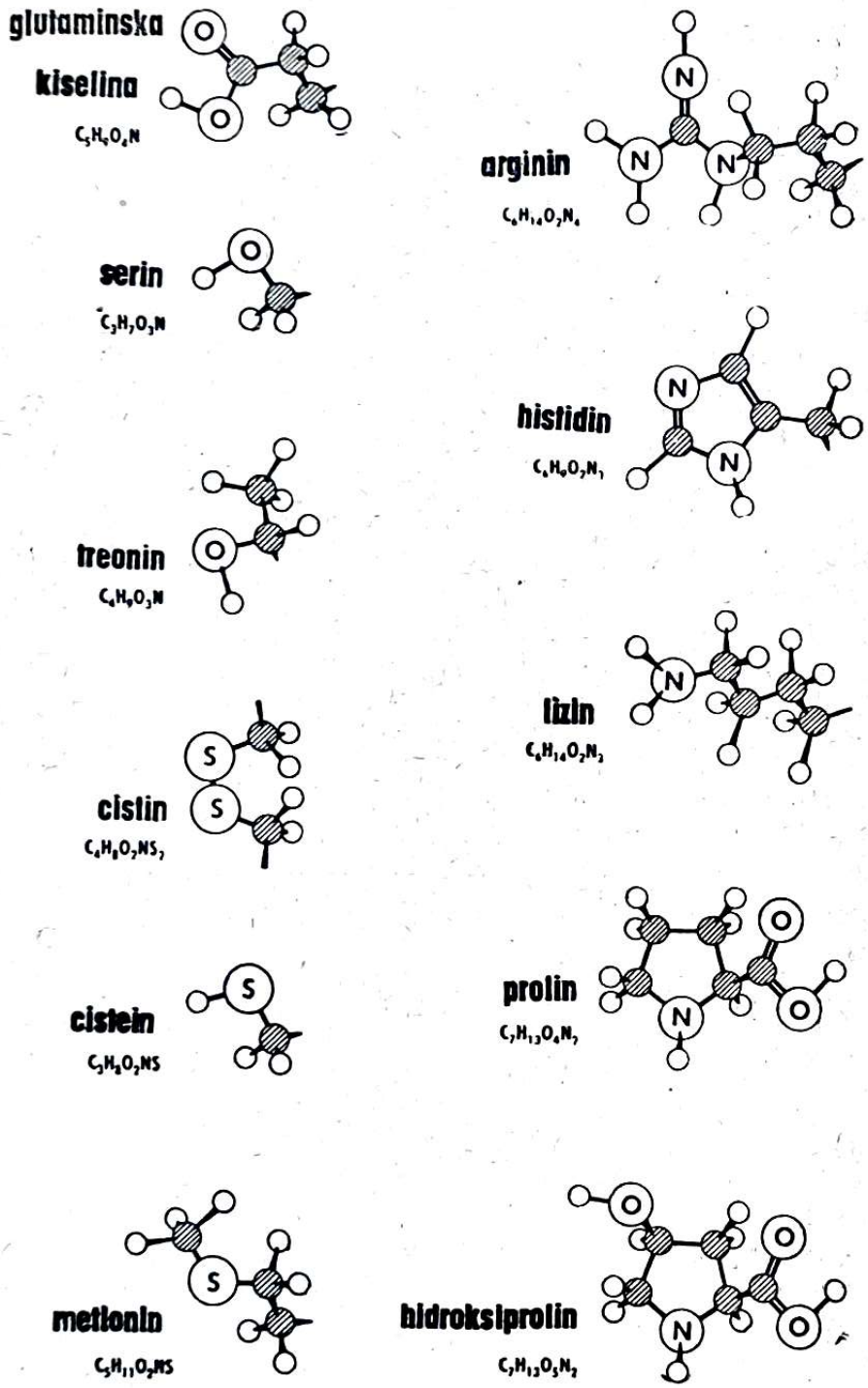


triptofan
$C_{11}H_{12}O_2N_2$



isolencin
$C_6H_{13}O_2N$

asparaginska kiselina
$C_4H_7O_4N$



Molekule proteina, koje su otporne prema probavi, kao što je to slučaj s nekim proteinima kože ili kose, ne mogu proći kroza crijevnu stijenku. One ne postaju nikad dio tijela, te se izlučuju netaknute.

Iako su sve navedene aminokiseline potrebne za građu tijela, ipak ne moraju biti uvijek prisutne u hrani. To je zbog toga, što su stanice tijela u nekim slučajevima ipak sposobne da grade potrebnu aminokiselinu iz neke druge. Na pr., ako je fenil alanin prisutan u hrani, tijelo može iz njega stvoriti tirozin jednostavnim umetanjem kisika. Tirozin zbog toga nije neophodno potreban u hrani, za razliku od fenil alanina, koji je potreban, jer ga tijelo ne može samo stvarati. Aminokiseline hrane dijelimo zbog toga u dvije skupine: na one, koje su neophodno potrebne, jer ih tijelo ne može stvarati, i one, što ih tijelo može stvarati, te nisu neophodno potrebne u hrani. U tabeli I. označene su zvjezdicom glavne aminokiseline, koje moraju biti prisutne u hrani mladih, zdravih i odraslih ljudi.

Neophodno potrebne, odnosno esencijelne aminokiseline, sadržane su u hrani kao sastavni dijelovi životinjskih i biljnih proteina. Tijelo se može opskrbiti potrebnim proteinima uzimanjem hrane, koja je sastavljena od esencijelnih aminokiselina u čistom obliku. Samo se tim putem prilikom istraživanja hranjivih obroka moglo ustanoviti, da li je koja aminokiselina esencijelna ili ne.

Ispravno je prosuđivati vrijednost proteina u ljudskoj hrani ili obroku po količini i prirodi aminokiselina, koje su u njoj sadržane, posvećujući naročitu pažnju esencijelnim aminokiselinama. U tabeli I. u tom su smislu i prikazani poznati proteini. U prvom stupcu tabele I. prikazan je približni sastav aminokiselina životinje (štakora), preračunatih u grame aminokiselina na 100 gr. proteina (ili, po striktnoj kemijskoj terminologiji, na 16 gr. dušika). Aminokiseline u čovječjem tijelu vjerojatno nisu znatno različite od aminokiselina u tijelu štakora, iako još nitko nije analizirao aminokiseline cijelog čovječjeg tijela. Iz vrijednosti navedenih u tabeli I. vidi se, da je sastav aminokiselina stanovite hrane, kao mlijeka, jaja i

mesa, sličniji sastavu aminokiselina životinjskog tijela nego sastavu aminokiselina ostale hrane, kao na pr. bijelog brašna, leguminoza i želatine.

Što to znači za praktičnu prehranu? To jednostavno znači, da onih prvih trebamo manje za ispravnu prehranu. Da bi se proizvelo 100 gr novih proteina tijela, potrebno je 6 grama valina, 2 gr histidina, 7 gr lizina, 1,2 gr triptofana i t. d. Da bi tijelo dobilo te količine aminokiselina, trebalo bi pojesti relativno više bijelog ili kukuruznog brašna i leguminoza nego mesa, mlijeka i jaja. Iz toga kvantitativnog odnosa proizašla je i t. zv. »veća vrijednost« životinjske hrane nad biljnom kao izvorom proteina u ljudskoj prehrani. Treba ipak napomenuti, da je aminokiselina bilo biljnog ili životinjskog porijekla ista aminokiselina i jednako vrijedna kao hrana. Amerikanci ne uzimaju svoje aminokiseline iz jednog izvora proteina, već iz raznih, bilo životinjskih, bilo biljnih.

Zadaća probave i asimilacije jest razgradnja proteina u sastojke — aminokiseline —, t. j. osposobljavanje tkiva da bira one, koje treba za građu ili obnovu. Detalji tog mehanizma opisani su u kasnijim poglavljima.

Budući da se proteini kod probavnog procesa razgrađuju na sastojke — aminokiseline — ni jedan protein ne mora predstavljati idealnu smjesu aminokiselina. Ako neki protein nema stanovitu aminokiselinu (na pr., proteinima bijelog brašna manjka lizin), taj se nedostatak može nadoknaditi, ako jedemo proteine hrane, koja ima tu aminokiselinu, na pr. mliječne proteine. To znači, da su mlijeko, i žitni produkti zajedno (kruh pravljen od pšeničnog brašna obranim mlijekom) hranjiviji nego svaki posebno. Oni se međusobno upotpunjavaju. U planiranju prehrane nije važna samo povoljna količina raznih aminokiselina, nego i njihova međusobna uravnoteženost. Najvažnija je ravnoteža aminokiselina, i nije bitno, kao što smo već prije istakli, da li su biljnog ili životinjskog izvora.

Ta ravnoteža mora postojati u svakom obroku. Najvažnije kod proteinske hrane jest to, da ne postoji rezerva aminokiselina u tijelu, koja bi se mogla kasnije upotrijebiti. Sadrži li

TABELA I

PRIBLIŽNI SASTAV AMINOKISELINE U PROTEINIMA HRANE I U CIJELOJ ŽIVOTINJI

GRAMI AMINOKISELINA NA 100 GRAMA UKUPNIH PROTEINA

PROTEIN	Životinja (Štakor)	Kruh	Puno zrno	Jaje (Kokoš) (cijelo)	Elastini	Želatine	Jetra	Mliječni proteini	MIŠIĆI: Životinje	MIŠIĆI: Riba	Zob	Proteini kikirikija	Krumpiri	Riža	Soja	Tetiva	Pšenično brašno	Zrno pšenice
Arginin	7,3	3,5	4,8	7,0	1,1	8,2	6,6	4,2	7,7	7,4	6,8	10,6	5,0	7,2	7,3	7,6	3,9	4,3
Histidin	2,8	2,3	2,5	2,4	<0,1	0,9	2,5	2,8	3,3	2,6	2,0	2,1	2,2	1,7	2,9	0,9	2,2	2,1
*Lizin	6,5	2,8	2,3	7,5	0,5	5,0	6,7	8,7	9,0	9,0	3,3	3,0	8,3	3,2	6,8	3,3	1,9	2,7
Tirozin	3,2	4,4	6,0	4,5	1,5	0,5	3,9	6,0	4,0	3,8	4,5	4,4	...	5,7	4,0	0,9	3,8	4,0
*Triptofan	1,0	1,2	0,6	1,7	0,0	0,0	1,5	1,5	1.4	1,2	1,3	1,0	2,1	1,3	1.4	....	0,8	1,2
*Fenil-alanin	4,5	5,0	5,0	6,3	4,7	2,3	6,1	5,5	5,0	4,4	5,5	5,1	5,4	5,0	5,3	2,4	5,5	5,1
Cistin	1,5	2,1	1,5	2,3	0,6	0,1	1,4	1,0	1,2	1,2	1,8	1,6	1,3	1,3	1,9	0,3	1,9	1,8
*Metionin	3,0	...	3,0	4,0	0,3	0,8	3,2	3,2	3,2	3,2	2,0	1,0	2,0	1,6	1,7	0.9	1,5	2,0
Serin	...	...	8,5	7,5	0,8	3,5	7,3	4,3	6,0	4,0	...	...	...	...	...	...	4,0	4,3
*Treonin	4,5	2,8	3,7	5,0	1,2	1,9	5,3	4,7	5,0	4,7	3,0	1,6	6,9	3,8	4,2	...	2,5	3,0
*Leucin	10,8	...	15,0	9,2	8,2	3,5	8,4	11,0	8,0	9,5	8,0	6,7	9,6	8,2	8,0	3,3	7,0	7,0
*Isoleucin	3,8	...	6,4	7,7	3,8	1,7	4,8	7,5	6,0	6,5	4,8	4,0	3,7	4,8	6,0	1,8	4,2	4,0
Valin	4,5	...	5,3	7,8	16,4	2,8	6,0	7,0	5,5	6,0	5,4	4,4	5,3	6,2	5,3	2,7	4,1	4,3
Glicin	10,0	...	...	3,7	28,2	23,6	6,3	2,3	5	5,6	...	5	...	...	4,6	...	7	....
Alanin	....	...	....	....	17,8	8,2	4.7	....	7,4	7	...	4,2	...	...	3,3	....	2,7	....
Glutaminska-kiselina	13,9	....	....	12,6	3,2	11,0	10,6	21,5	17	12,7	...	17,4	...	...	18,4	9,9	...	29,0
Asparaginska kiselina	8,1	...	....	5,7	0,6	6,2	9,0	....	10,5	8,2	....	....	...	...	3,7	6,5	....	....
Prolin	....	...	....	....	16.0	15,3	4,0	....	6	3	....	....	...	...	5	10,0	8	....
Hidroksi-prolin	....	...	....	....	1,9	13,0	....	....	1	....	....	....	...	...	....	....	....	....
Hidroksi-lizin	....	...	....	....	.....	0,8	....	....	....	....	....	....	...	...	....	....	....	....

obrok višak nekih aminokiselina, t. j. znatno više nego što tijelo može odjedanput upotrijebiti za građu proteina, taj suvišak tijelo izbacuje, i nikada ga više ne upotrijebi.

To je specifično za proteine za razliku od ostalih hranjivih sastojaka. Gotovo svi ostali hranjivi sastojci mogu se sačuvati u tijelu i iskoristiti kad to zatreba. Dade li se djetetu veća doza vitamina D u ranoj jeseni, bit će dovoljna za više mjeseci, možda i za godinu dana, iako mu se tokom zime daje malo ili ništa toga vitamina. Masti i ugljikohidrati bogato su spremljeni u tijelu, dok aminokiseline, naprotiv, nisu. Ako su sve aminokiseline u nekom obroku zastupljene u ispravnom omjeru, onda će novi proteini tijela, iz njih nastali, udovoljavati potrebama rasta, obnove stanica, trudnoće ili laktacije. Aminokiseline, što ih tijelo prima u proteinima hrane, rijetko odgovaraju točno potrebama tijela. Tim je potrebama udovoljeno ugrađivanjem aminokiselina u proteine tkiva u odgovarajućem omjeru; međutim, aminokiseline, koje su prisutne u suvišku, ne mogu se upotrijebiti ili spremiti, i zato se kemijski razgrađuju, kako bi tijelo opskrbile energijom. Neki se dijelovi aminokiselina mogu ponovno upotrijebiti za sintezu neesencijelnih aminokiselina, dok se esencijelne aminokiseline ne mogu ponovno izgraditi. Jednom potpuno razgrađene aminokiseline ne mogu se više upotrijebiti za dalju sintezu proteina. Slijedimo li naš primjer s kruhom i mlijekom, vidimo ovo: jedemo li sam kruh kao izvor proteina, približno pola prisutnih aminokiselina propada zbog pomanjkanja lizina (tabela I.), koji bi ih uravnotežio. Uzimamo li samo mlijeko u bilo kojem obroku, propast će suvišak lizina. Jede li se kruh i mlijeko zajedno, ili obogati li se kruh mliječnim proteinima, višak lizina iz mliječnih proteina nadoknađuje manjak ove aminokiseline u kruhu, tako da se ni jedna od ovih potrebnih tvari ne gubi. Sve je to bilo već odavna poznato, ali se tek u novije vrijeme pridaje važnost vremenskom faktoru. Razne aminokiseline potrebne za sintezu proteina moraju biti prisutne u tijelu sve u isto vrijeme. Mliječni se proteini upotpunjavaju pšeničnima, jedemo li ih zajedno u jednom obroku. Međutim, jedemo li kruh ili pšeničnu kašu za doručak, a mlijeko

za večeru, to se ne će desiti. Izgleda dakle, da je vrijeme, za koje tijelo sprema esencijelne aminokiseline, kraće od četiri sata.

VITAMINI

Već je davno poznato, da su tkiva tijela sastavljena uglavnom iz proteina i da su proteini zato bitni u prehrani. Čak i bez poznavanja kemije, čovjek osjeća potrebu za proteinima u svojoj hrani. Međutim, neke drugorazredne tvari jednako su važne, bez obzira na svijesne potrebe ili četrdesetgodišnje saznanje. To su vitamini. Oni su potrebni u hrani, jer pomanjkanje bilo kojeg od njih prouzrokuje propadanje organizma. U ranijim istraživanjima o prehrani nije se na njih obraćala pažnja, djelomično zato, što su potrebne relativno male količine, a djelomično i zato, što se te male količine lako i nesvijesno primaju u redovitom obroku. Kada je čovjek počeo »usavršavati« prirodnu hranu, eliminirao je često prirodne vitamine, što je izazvalo oboljenja. Proučavanje tih oboljenja dovelo je do otkrića vitamina, a isto tako i do saznanja, da su mnogi ljudi bili »bolesni« i »neishranjeni« zbog pomanjkanja vitamina, iako su se obilno hranili bjelančevinama, ugljikohidratima i mastima. Nepotpuni obroci i jednolična hrana bez svježeg povrća, kao na pr. kod pomoraca, izazvala je oboljenja baš zbog pomanjkanja neophodno potrebnih vitamina. Neobično za vitamine u prehrani jest to, što su dovoljni u vrlo malim količinama, ali su zato te male količine neophodno potrebne. Oni služe u sasvim naročite svrhe. Za razliku od proteina, nisu potrebni za izgradnju tijela, niti opskrbljuju tijelo energijom kao masti i ugljikohidrati. Ali zato osposobljavaju tijelo da vrši svoje funkcije. U složenom kemizmu tijela oni ga opskrbljuju tragovima naročitih kemijskih agensa, koji pokreću odnosno upravljaju kemijske reakcije probave, asimilacije, izgradnje i oslobađanja energije. Peto poglavlje ove knjige posvećeno je encimima, koji su agensi kemijskih reakcija i fizioloških procesa u tijelu. Kao što ćemo vidjeti, jedan od prvih zadataka vitamina jest dobavljanje tvari za izgradnju stanovitih encima i opskrbljivanje tih encima oruđem, koje

služi za vršenje kemijskih reakcija, koje su osnovne za život. Sami enzimi prisutni su u relativno malim količinama u stanicama tijela, te su zato potrebne i male količine vitamina. Neki su dnevno potrebni u količinama, koje se mjere miligramima, a drugi u količinama, koje se mjere mikrogramima.

To, što smo općenito iznijeli, jest sve, što se može reći o vitaminima kao skupini. Svi su neophodni za zdravlje, a potrebni su samo u malim količinama. Osim toga, nisu općenito slični ni kemijski, ni fizikalno, ni fiziološki. U svakom se pogledu međusobno razlikuju vjerojatno, jer svaki ima posebnu funkciju. U prvim danima istraživanja vitamina, mislilo se neko vrijeme, da su u kemijskom smislu amini, te su prema tome i nazvani, kao na pr. još i danas »tiamin«. Mnogi od njih nisu amini, i stara je riječ »vitamin« pogrešna.

Neki vitamini sadrže atom dušika, koji može graditi amine. Drugi sadrže sumpor i dušik, a ima ih, koji sadrže fosfor i kobalt. Molekule vitamina nisu velike kao proteinske, nego su relativno male i vrlo specifične kemijske funkcije. To omogućava lako i jeftino priređivanje nekih od njih u laboratorijima ili kemijskoj industriji, te se tako mogu prodavati u ljekarnama. Ljudsko ih tijelo međutim ne proizvodi. Tokom evolucije čovjek je izgubio sposobnost da ih sintetizira, isto tako kao što ne može stvarati esencijelne aminokiseline. Čovjek je danas, »pobijedivši« prirodu, prinuđen da zauzme njeno mjesto, te mora uzimati razumno i svijesno te male količine vitamina, bez kojih je bespomoćan kod mnogih avitaminoza.

Praktički, vitamini imaju jednu drugu zajedničku karakteristiku: svi su topivi. To je razumljivo, budući da potpuno netopivi materijal ne može ući kroz tijelo, osim kao klica, koja prođe pravo kroza nj. Tako postoje dvije vrste vitamina: oni koji se otapaju u mastima i uljima, i oni koji se otapaju u vodi. Ta podjela znači samo, da vitamini, koji se otapaju u masti, dolaze u masnoj hrani, kao na pr. u maslacu ili jetrima, dok u vodi topivi vitamini dolaze u sočnoj hrani, kao na pr. u sokovima, povrću i mesu, osim ako nisu već oslabljeni ili odstranjeni nepažljivim kuhanjem u vodi. U slijedećim razmatranjima pojedinih vitamina opisat ćemo te dvije velike skupine svaku posebno.

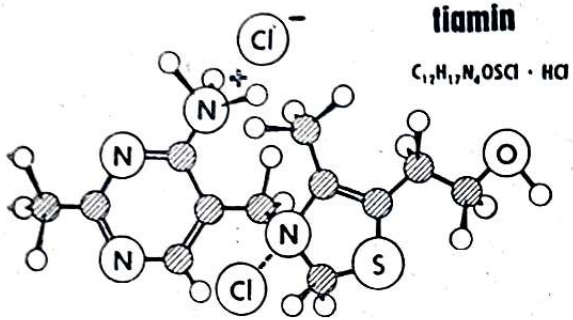
Označavanje nekih vitamina slovima alfabeta i brojevima nema logičnog smisla. Oznake slovima davale su se u doba, kada su bili otkriveni i kada nitko nije znao, koliko će ih se još kasnije otkriti. Ubrzo se vidjelo, da je ono, što je u početku smatrano kao jedan vitamin, bila zapravo cijela grupa. To je dovelo do označivanja slova brojevima. Prvi je indentificiran vitamin A, a iza toga vitamin D. Vitamin B bio je kasnije podijeljen u niz zasebnih vitamina, poznatih kao vitamin B_1, B_2 i t. d. Izolirani su mnogi sastojci originalnog vitamina B, tako da je sada uobičajeno da se cijela grupa označava kao »B kompleks«, a svaki se član grupe označava ispravnim kemijskim imenima. Kemijske formule pojedinih vitamina prikazane su u dijagramima, koji slijede.

U masti topivi vitamini. — Vitamini, topivi u mastima, uljima i organskim otapalima sastavljeni su uglavnom od ugljika i relativno malo kisika. Pojedine formule nisu specifične, te se zato svaki u masti topivi vitamin može pojaviti u pojedinim kemijski srodnim oblicima, kojima se tijelo može koristiti za izgradnju molekula, koje treba. U tome se ti vitamini razlikuju od vrlo specifične molekularne strukture esencijelnih aminokiselina, kod kojih se na pr. leucin ne može nadomjestiti vrlo srodnim izoleucinom.

VITAMIN A. — Ovaj je vitamin potreban za zdrav vid, naročito za dobar vid u noći. Zato se zove »antioftalmični vitamin«. Kemijski je relativno jednostavan nezasićeni alkohol, vezan na beta-iononski prsten, što se vidi iz formule. U čistom je obliku gotovo bezbojan. Njime su bogate ribe, životinjska jetra, maslac, jaja i neki sirevi. Za razliku od većine drugih vitamina, ljudsko tijelo može ga sintetizirati, ali samo u prisutnosti jako obojenih supstanca, koje stvaraju biljke, a prima ih hranom. Među ostalima to su karotini i kriptoksantini, koji sadrže beta-iononski prsten i koji tako opskrbljuju tijelo tim važnim sastojcima vitamina A. Glavni izvor karotina jest žuto povrće, kao na pr. mrkva, i stanovito zeleno povrće.

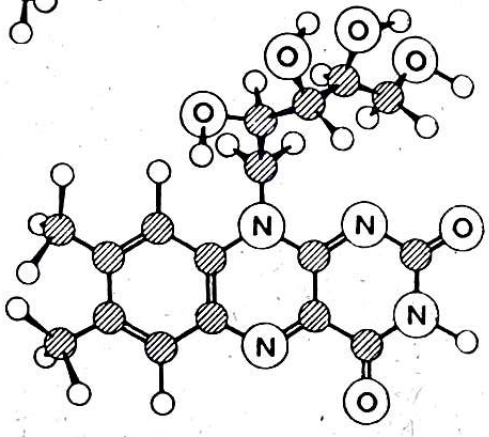
tiamin

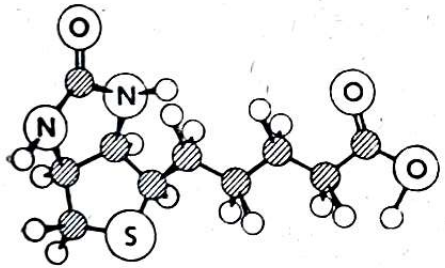
$C_{12}H_{17}N_4OSCl \cdot HCl$



riboflavin

$C_{17}H_{20}N_4O_6$



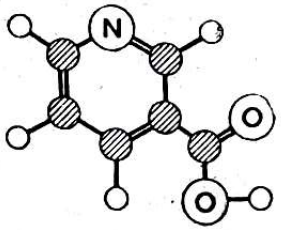


biotin

$C_{10}H_{16}O_3N_2S$

niacin

$C_6H_5O_2N$



ključ

vodik

ugljik

Cl klor

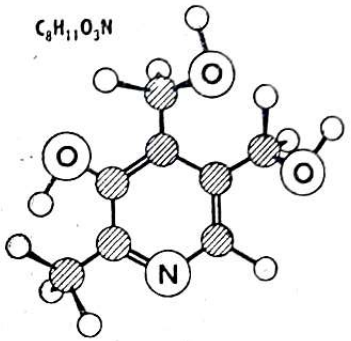
N dušik

O kisik

S sumpor

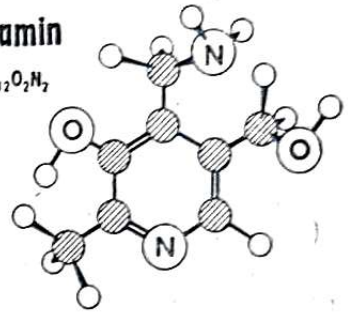
piridoksin

$C_8H_{11}O_3N$



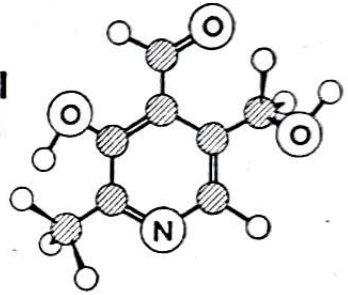
piridoksamin

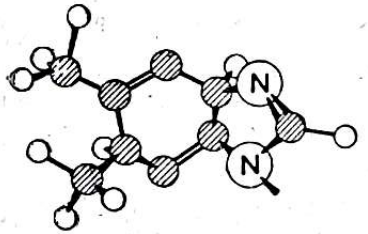
$C_8H_{12}O_2N_2$



piridoksal

$C_8H_9O_3N$



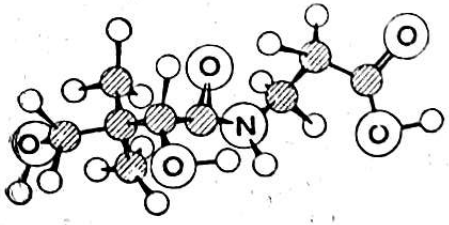


vitamin B_{12} (dio)

$C_{62-63}H_{88-92}N_{14}O_{13}PCo$

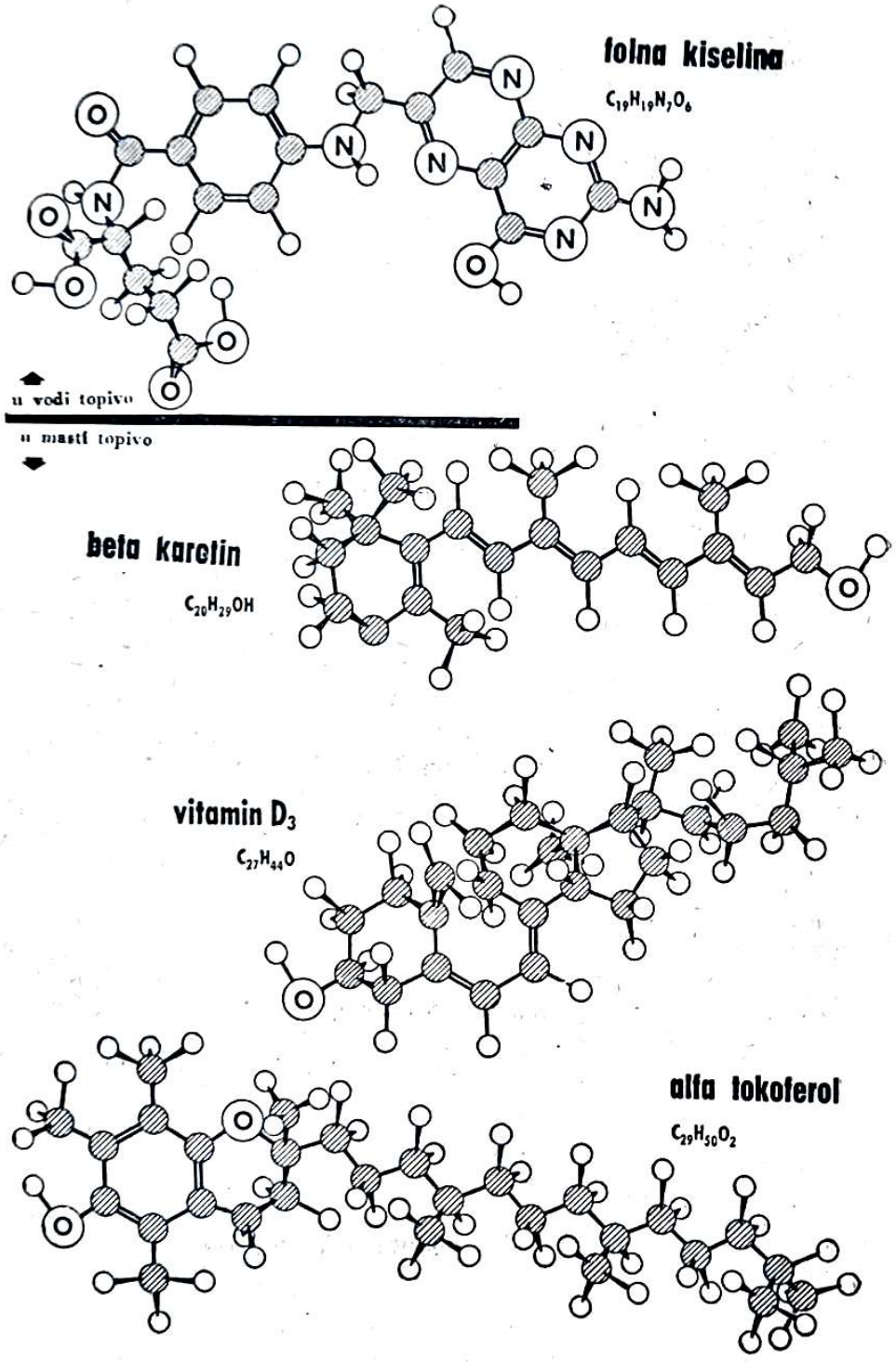
askorbinska kiselina

$C_6H_8O_6$



pantotenska kiselina

$C_9H_{17}O_5N$



VITAMIN D. — Ovaj vitamin zaštićuje tijelo od bolesti zvane »rahitis«, te se zato zove »antirahitični vitamin«. To je zapravo bilo koja od 16 različitih supstanca poznatih kao D_1, D_2, D_3 i t. d. koje su kemijski srodne sa holesterolom (vidi kasnije). Sve imaju antirahitično djelovanje u životinjama, a to vjerovatno dolazi od toga, što se mogu više ili manje pretvoriti u određenu organsku supstancu poznatu kao vitamin D_3 sa formulom C_{27} H_{44} O. Taj vitamin može tijelo primiti na tri razna načina: bilo direktno s hranom, uglavnom iz ribljih ulja, bilo hranom kao što je to na pr. mlijeko, sadrži li ono usko srodne tvari ili »preteče« vitamina, koji se, zračeni ultravioletnim zrakama, pretvaraju u vitamine, bilo da ga ljudsko tijelo samo izgrađuje, izloži li se koža direktnom sunčanom svijetlu.

VITAMIN E: TOKOFEROLI. — Kao i vitamin D, tako su i slijedeći usko srodni spojevi poznati kao vitamin E. U ovom slučaju postoje četiri supstance biljnog porijekla, koje su pronađene u uljima pamučnog sjemena i u klicama kukuruza i pšenice. Ti se srodni spojevi razlikuju po broju i smještaju metilnih skupina (CH_3) na aromatskom jezgru. Ti razni tokoferoli imaju nešto različito djelovanje nego vitamin E, ali je potrebna prisutnost bar jednog od njih u hrani. Vitamin E poznat je kao vitamin plodnosti, a izgleda da je važan i u metabolizmu mišića i jetara. Obje funkcije istražene su na nižim životinjama, ali u ljudskoj prehrani njihovo značenje nije potpuno određeno.

VITAMIN K. — Otkriven je u Danskoj, a poznat je kao »koagulacioni vitamin«. Vitamin K dolazi obilno (kao i neki njemu srodni kemijski spojevi) u biljkama i životinjama. Stvaraju ga i bakterije čovječjeg crijevnog trakta. Sintetički produkt, koji ima sličnu strukturu i slični koagulacioni učinak (ali je topiv u vodi), jest menadion 2-metil—1, 4-naftokinon. Vitamin K supstance (topive u masti) dolaze u prirodi kao dugi lančani ugljikovi derivati vezani na 3-mjestu metil naftokinona. Zanimljivo je, da su s obzirom na težinu oni biološki manje aktivni nego menadion, jedan od mnogih sintetskih vitamina, koji je aktivniji od prirodnog vitamina K_1 dobivenog iz djeteline.

Slijedeći važni prirodni oblik K_2 nađen je u trulom ribljem brašnu. Ostali bogati izvori vitamina K_1 i K_2 jesu zeleno povrće, rajčice, žumanjce od jajeta i jetra.

Svi oblici vitamina K neophodno su potrebni tijelu za normalo stvaranje protrombina, koji je opet potreban za pravilno funkcioniranje kemijskog mehanizma kod grušanja krvi u posjekotini ili rani. Iz toga proizlazi njihova važnost u medicini i kirurgiji.

ESENCIJELNE NEZASIĆENE MASNE KISELINE. — Iako tijelo može sintetizirati velike količine masnih kiselina iz masti i razgradnih produkata ugljikohidrata, a isto tako pretvarati mnoge masti iz hrane u svoje masti, ipak je nesposobno da sintetizira masne kiseline sa 2 ili više nezasićena ili dvostruka veza —C=C—. Zbog toga ih mora organizam primiti gotove: linolensku (sa dva dvostruka veza), linoleinsku (sa tri dvostruka veza) i arahidonsku kiselinu (sa četiri dvostruka veza).

Iako nisu potpuno poznate prave funkcije nezasićenih masnih kiselina, ipak se čini, da one više služe kao građevni materijal, nego kao katalizatori, za razliku od članova vitaminske grupe. U prehranbenoj kemiji vrlo je teško, a često i beskorisno, povući oštru granicu između građevnih i katalitičkih tvari. Budući da su potrebne sasvim male količine tih masnih kiselina, one se često svrstavaju u vitamine.

U vodi topivi vitamini. — Te se supstance po kemijskoj strukturi razlikuju daleko više nego spojevi nazvani »u masti topivi vitamini«. Jedina im je zajednička kemijska osobina veća topivost u vodi nego u masti i ulju. Ta se klasifikacija smatra slabom, ali se općenito upotrebljava, iako je manje opravdana, nego kod grupe »u masti topivih vitamina«.

B KOMPLEKS: TIAMIN. — Ta supstanca, koja sadrži dušik i sumpor, prva je organska tvar, koja je priznata kao sastojina potrebna u hrani u minimalnim količinama. U početku je nazvana vitamin B. Sintetiziraju je biljke, a prerađenu primaju sve životinje. To je antineuritični, antiberiberi faktor; sprečava odnosno onemogućava nervnu degeneraciju i paralizu, koja nastupa kod teškog obolenja beri-beri. Slično ostalim

vitaminima, tiamin ne djeluje kao osamljena molekula u tkivima i sokovima tijela, već je kemijski vezan s drugim molekulama, s kojima čini razne katalitičke sisteme ili encime. Tiamin dolazi u raznoj hrani, ali rijetko u velikim količinama. Dosta se tiamina gubi mljevenjem brašna i vodom, u kojoj se kuha povrće. Zato pomanjkanje tog vitamina nije rijedak slučaj. (Prikazana formula predstavlja sintetski tiamin. Prirodni vitamin nema atom klora i molekulu solne kiseline. Međutim, tijelo je sposobno da pretvara tiamin hidroklorid kao i druge oblike tiamina u željeni fosfat ili drugu organsku supstancu, već prema tome što je potrebno.)

B KOMPLEKS: RIBOFLAVIN. — U različitoj hrani pronađeni su tamnožuti spojevi s jakom zelenom fluorescencom u ultravioletnom svijetlu. Jedna od njih nađena u mlijeku nazvana je laktoflavin, a druga u jetrima hepatoflavin. Postepeno se otkrilo, da su obje zapravo jedan spoj, odnosno da daju isti spoj blagim kemijskim tretiranjem. Taj se spoj zove riboflavin, jer se sastoji od molekule šećera, riboze i žutoga dušičnog flavinskog prstena. Osim mlijeka i jetre bogati su izvori riboflavina i bubrezi, ribe, jaja i žito. Pomanjkanje riboflavina očituje se raznim simptomima na očima, ustima i koži.

Riboflavin spojen sa fosfornom kiselinom povezan je u tijelu s raznim proteinima, stvarajući specifične ecimske sisteme. U tim je sistemima sastojak riboflavin uvijek isti za svaki pojedini encim, dok specifičnu funkciju encima određuju zapravo aminokiseline proteina. To možemo prikazati, uzmemo li kao usporedbu upotrebu 100-vatnih žarulja u tvornici. Neke žarulje smještene iza crvenog stakla pokazuju izlaz; druge služe za osjetljavanje prostorija, dok treće naizmjence svijetle, kako bi pokazale rad strojeva. Sve su one 100-vatne žarulje, ali njihova funkcija ovisi o uređaju, na koji su priključene.

B KOMPLEKS: NIKOTINSKA KISELINA ili NIACIN. — Taj antipelagra vitamin nije striktno esencijelni hranjivi sastojak, jer ga tijelo može sintetizirati iz aminokiseline triptofana. Iz triptofana se međutim dobije vrlo malo niacina. Po-

trebno je 100 molekula te aminokiseline, da se dobije jedna molekula niacina. Praktički je dakle niacin esencijelni hranjivi sastojak. Pelagra je bila raširena kod siromašnih i zaostalih slojeva u Južnoj Evropi i u južnom dijelu Sjedinjenih država, zato što se niacin nalazi u većim količinama samo u relativno skupoj hrani, kao mesu i jajima, a njegov preteča triptofan u mlijeku.

B KOMPLEKS: PIRIDOKSIN. — Taj vitamin je kemijski usko vezan s niacinom, ali nije produkt triptofana. Među ostalim osposobljava tijelo, da potpuno metabolizira triptofan. Sam piridoksin vjerojatno je bez biološke funkcije, ali ga tijelo lako pretvara u djelotvorne oblike: piridoksal i piridoksamin. Bilo koja od tih triju sastojina može se smatrati esencijelnom. Njihovi su bogati izvori žumance od jajeta, meso, ribe, mlijeko, žito, kupus i leguminoze.

B KOMPLEKS: PANTOTENSKA KISELINA. — To je derivat jednog izomera alfa-aminokiseline alanina (t. j. beta-alanin $CH_2NH_2 . CH_2 . COOH$, a ne $CH_3 . CH_2 . NH_2 . COOH$) i mora se primati hranom. Jedna od funkcija ovog sastojka B kompleksa u tijelu čovjeka u vezi je sa detoksifikacijom raznih štetnih supstanca u hrani i drogama. Pantotenska kiselina dolazi često u prirodi, a mogu je sintetizirati samo biljke. Njeni su najbogatiji izvori: jetra, govedina, jaja, vrhnje, melasa, prokolica, čičoka i kikiriki.

B KOMPLEKS: BIOTIN. — On je, slično kao tiamin, u vodi topivi vitamin, koji sadrži sumpor, ugljik, vodik, kisik i dušik. Za životinje je esencijelni sastojak. Pomanjkanje biotina prouzrokuje dermatitis — upalu kože s karakterističnim simptomima. Dolazi u jetri, bubrezima, mlijeku i melasi. Zanimljivo je, da suvišak sirovog nekuhanog bjelanca može prouzrokovati pomanjkanje biotina, jer se protein bjelanca, avidin, spaja s biotinom i čini spoj, koji se ne može apsorbirati, te se zato izlučuje iz tijela. Do toga dolazi, kad se uživaju velike količine bjelanca, kao na pr. kod ljubitelja alkohola, koji miješaju ne-

umjerene količine bjelanca s likerima. Zato se pomanjkanje biotina katkada zove i »bolest bjelanca«. Neke ga niže biljke, čini se, trebaju samo u nižim stadijima svoga rasta, dok ga kasnije ne samo sintetiziraju za svoje vlastite potrebe, nego i suvišak izlučuju u okolinu.

B KOMPLEKS: HOLIN. — Ova vrlo jednostavna molekula vjerojatno ne djeluje u katalitičkom smislu kao drugi u vodi topivi vitamini, nego je građevni sastojak kao aminokiseline, ili nezasićene masne kiseline. Holin je ugrađen u neke masti, koje sadrže fosfor — fosfolipoide — i potreban je u mehanizmu tijela za transport masti iz spremišta do upotrebe. To je i važan izvor metilnih grupa (CH_3) potrebnih za izgradnju drugih molekula. Za čovjeka možda holin ipak nije pravi esencijelni sastojak, jer ga tijelo može sintetizirati, ima li dovoljno metilnih grupa iz drugih izvora (aminokiseline: metionin, serin ili glicin). Između ostalih, izvori su holina kaše, kruh i meso.

B KOMPLEKS: FOLNA ili PTEROIL GLUTAMINSKA KISELINA. — Folna kiselina daleko je složenija molekula nego holin. Sastoji se od triju glavnih komponenata: dušikova prstenastog spoja nazvanog »pteridil grupa«, paraamino-benzoeve kiseline i alfa-aminokiseline, glutaminske kiseline. Ljudsko je tijelo ne može sintetizirati, ali u prirodi dolazi u nekoliko oblika. Najviše je ima u zelenom lišću, odakle je i dobila ime (*folium* — list). Oblici, koji dolaze u prirodi, razlikuju se međusobno po broju glutaminskih kiselina vezanih na onom dijelu, koji sadrži glutaminsku kiselinu. Jednu ili sve grupe može čovjek upotrijebiti kao izvor folne kiseline. Koliko ljudskom tijelu treba folne kiseline, nije potpuno utvrđeno, ali je dokazano, da je korisna u liječenju sprue i makrostanične anemije, te stanovitih anemija trudnoće.

VITAMIN B_{12}. — Dok većinu u vodi topivih vitamina ljudsko tijelo treba u miligramskim količinama, vitamin B_{12} (kao i biotin) potreban je samo u mikrogramskim, t. j. tisućtim dijelo-

vima prvih. U tako malim dozama ima stanoviti hematološki efekt (povećava broj crvenih krvnih zrnaca u slučaju pernicioze anemije) i sprečava degeneraciju kičme. Također se sve više upotrebljava za pospješivanje rasta peradi. Osim ugljika, vodika, dušika i kisika, sadrži u svojoj molekuli također fosfor i kobalt. To je jedini poznati organski spoj potreban čovjeku — spoj, koji sadrži kobalt kao glavni sastavni dio u svojoj molekuli. Najviše dolazi u jetri.

Druga komponenta vitamina B_{12}, danas poznata kao vitamin B_{12a}, ima hidroksilnu (OH) grupu umjesto karakteristične (cian — CN) grupe vitamina B_{12}.

VITAMIN C: ASKORBINSKA KISELINA. — To je jedini u vodi topivi vitamin, koji nema dušika. Većina životinja može sintetizirati askorbinsku kiselinu iz najraširenijeg ugljikohidrata — glukoze, dok su ljudi, majmuni, morska prasad i neke divlje životinje izgubile tu sposobnost. Potreba tijela za askorbinskom kiselinom najmanje je pet puta veća (težina na težinu) od bilo kojeg u vodi topivog vitamina, i jednaka je potrebi nekih esencijelnih aminokiselina. Skorbut, najizrazitija bolest, koju izaziva pomanjkanje vitamina C, bila je prva bolest, za koju se utvrdilo da je u vezi s hranom. Čak su se u XV. stoljeću holandski mornari nastojali opskrbiti plodovima citrusa, kako bi izbjegli skorbut na dugim putovanjima. Osim ekstremnih slučajeva skorbuta, pomanjkanje vitamina C prouzrokuje razne stupnjeve skorbuta: krvarenje desni, zuba, nadraživanje sluznica i bolove zglobova. Pored citrusa i rajčica, zeleno je povrće najbogatije vitaminom C.

Nepoznati faktori. — Sve supstance, opisane u ovom izlaganju, jesu esencijelne organske supstance, koje ljudsko biće treba. Ima i nekih drugih supstanca, kao para-aminobenzoeva kiselina, inozitol, rutin i strepogenin, za koje je utvrđeno da su esencijelne za neke niže sisavce i bakterije. Da li su potrebne čovjeku, pokazat će daljnja istraživanja.

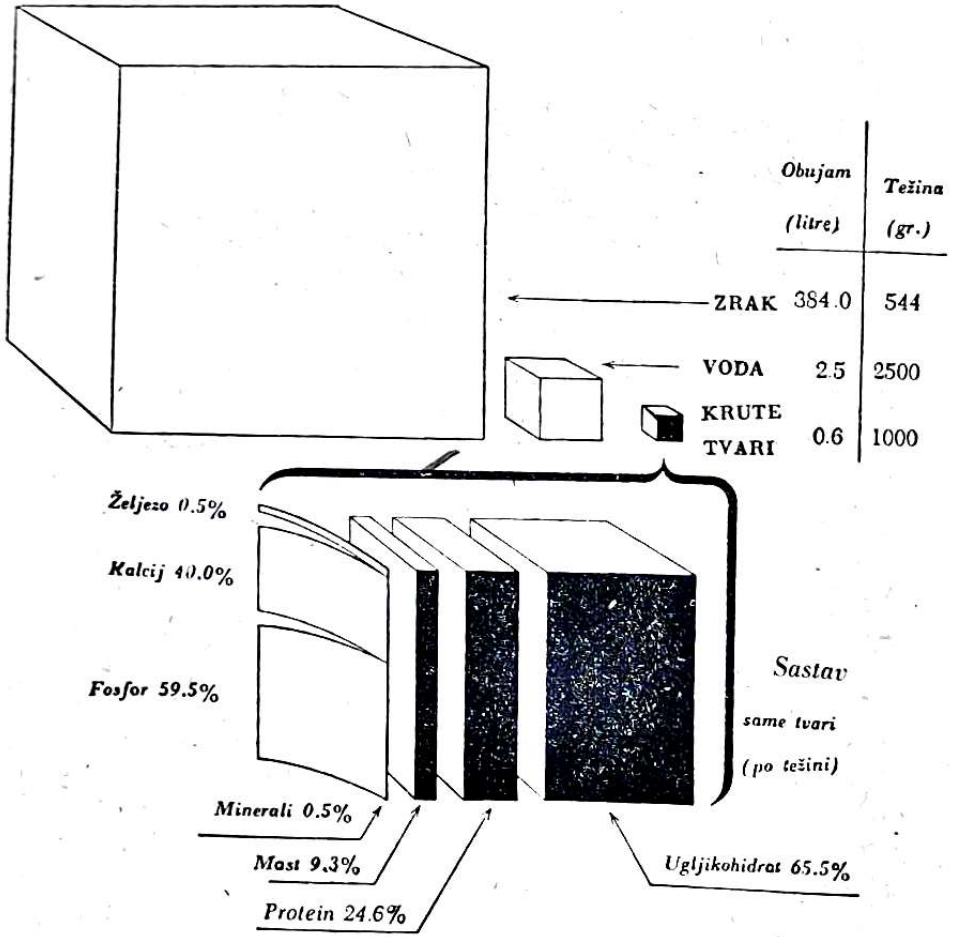
ANORGANSKI HRANJIVI SASTOJCI

Anorganski ili mineralni hranjivi sastojci isto su tako važni kao i organski. Neki od njih, kao mangan i kobalt, potrebni su samo u minimalnim količinama za djelovanje encima, koji su sami prisutni u tijelu u malim količinama. Druge, kao kalcij i fosfor, mora tijelo primiti u srednjim količinama, za rast i dnevnu obnovu kostiju i zubâ, a u većim količinama potrebni su dojiljama. Supstance, koje su važnije od bilo koje druge hranjive supstance, a potrebne su u velikim količinama, jesu dvije poznate tvari, koje se često sasvim zaboravljaju, jer ih pod normalnim okolnostima primamo obilno i nesvijesno, a to su kisik i voda.

Kisik i voda. — Odrasli čovjek, koji normalno i mirno diše, udiše i izdiše 8 do 9 litara zraka na minutu ili približno 12.500 litara (3.300 galona) na dan. Kako je zrak sastavljen od četiri petine dušika i jedne petine kisika to iznosi 1,6 do 1,8 litre kisika na minutu. Samo malen dio ovog kisika uđe u krv kroz pluća. Za aktivne životne procese tijela, kao što je oksidacija masti, ugljikohidrata, kojom se oslobađa energija za rad, tijelu treba 175 do 350 grama kisika na dan, što ovisi o količini primljene hrane.

Potreba vode pod normalnim stalnim okolnostima iznosi oko 2 litre (pol galona) na dan. Iako se veći dio prima kao voda ili u obliku pića uopće, veliki dio prima tijelo od vode, koja se normalno nalazi u čvrstoj hrani. Tako se podmiruje 85% potreba za vodom. Ostatak je voda, koja se stvara tokom metabolizma pri oksidaciji masti ili ugljikohidrata i proteina s kisikom iz krvi. Zanimljivo je, da morski sisavci, kao kit, dobivaju svu svoju vodu iz metabolizma, a ne uzimaju je iz slane vode u kojoj žive. Stalnost opskrbljivanja kisikom važnija je nego ma kojim drugim esencijelnim sastojkom. Prekid primanja kisika na nekoliko minuta već je za čovjeka sudbonosan. Voda se također mora primati u konstantnim količinama. Bez vode se može izdržati par dana. Prethodno dobro hranjen čovjek može preživjeti nekoliko tjedana bez hrane.

Kalcij. — Taj se elemenat uzima u obliku soli, kao što su kalcijev fosfat, sulfat ili karbonat. Kalcij čini oko 2% srednje težine tijela, dakle više nego i jedan anorganski elemenat. Najveći dio kalcija ugrađen je u kolagens kostiju u obliku



Dnevna potreba hranjivih sastojaka kod odraslog muškarca.

fosfata i karbonata. Taj elemenat ne sudjeluje samo pri stvaranju kostiju i zuba, nego je prisutan u svim tjelesnim staničnim sokovima, te je potreban za funkcioniranje organa nervnog sistema, mišićja, i stanovitih encimskih sistema, o čemu ćemo govoriti u slijedećim poglavljima.

Fosfor. — Iza kalcija slijedeći je po važnosti anorganski elemenat u tijelu fosfor. Tijelo ga prima u obliku soli ili estera fosforne kiseline, koji su prisutni u različitoj hrani. Fosfor kao $Ca_3(PO_4)_2$ u kostima je dobro poznat, ali budući da se fosforna kiselina spaja s proteinima encima i drugim organskim molekulama, ona je ključni element života. Reakcije, koje omogućava fosforna kiselina, jesu: sinteza bjelančevina, metabolizam šećera i kontrakcija mišića. Raniju izreku fizioloških kemičara »Bez fosfora nema mišljenja« trebalo bi promijeniti u »Bez fosfora nema života«.

Natrij i kalij. — Organizam prima natrij uvijek u obliku kuhinjske soli, natrijeva klorida ili NaCl. Nalazi se uglavnom u slobodnim tjelesnim sokovima, kao na pr. krvi, ali ga ima i u pravim tjelesnim stanicama ili tkivima, naročito u hrskavici i mišićima.

Tijelo prima kalij sa životinjskom i biljnom hranom. Nalazi se u malim količinama u vanstaničnim sokovima, dok se veći dio ovoga neophodno potrebnog elementa nalazi u stanicama. Iako su natrij i kalij veoma slični po kemijskim svojstvima, organizam ih ne može zamijeniti jedan s drugim. Neuravnoteženost između ta dva elementa može biti kobnija za organizam nego razlika u apsolutnim količinama.

Klor. — Tijelo ga prima zajedno s natrijem kao NaCl. Kao što je poznato, klor ne dolazi u organskom spoju ni u jednom sastojku ljudskog tijela, nego igra životnu ulogu u spoju s vodikom, natrijem i kalijem, kao solna kiselina, koja stvara kiseli medijum u želucu, a kao sol važna je u krvi, suzama i znoju.

Jod i brom. — Do danas je poznato, da jod ima jednu jedinu funkciju u čovječjem tijelu, t. j. da se spaja s tirozinom i pomaže stvarati aminokiselinu, tiroksin, a to je hormon koji upravlja brzinom iskorištavanja kisika. Tijelo prima jod i brom u obliku otopljenih soli.

Broma ima u krvnom serumu, a isto je tako potvrđeno, da se nalazi u hipofizi. Danas se međutim još ne zna, da li je neophodno potreban ili ne.

Fluor. — Tijelo prima fluor vjerojatno u obliku otopljenog natrijeva ili kalijeva fluorida, ali se malo zna, da li je potreban u hrani. Gleđ zdravog zuba sadrži više fluora nego gleđ trulog (t. j. nagriženog). Sprečava li fluor trulenje zuba, može se smatrati neophodno potrebnim sastojkom. Uzgred rečeno, suvišak fluora u hrani manje i veće djece prouzrokuje žutu boju cakline. Iako to nije kozmetički poželjeno, čini se, da su zubi te djece otporniji prema trulenju nego kod djece, koja primaju manje fluora u hrani.

Željezo. — Željezo igra važnu ulogu u tijelu kao prenosilac kisika iz pluća u tkiva i kao komponenta nekih oksidaza u stanicama. To je esencijelni element hemoglobina, a taj sadrži približno 0,3% težinskih dijelova željeza i važan je za eritrocite krvnog toka kao i citohrome, koji su neophodno potrebni svakoj živoj stanici. Protein »feritin« dolazi uglavnom u jetri, slezeni, koštanoj moždini, i sadrži preko 23% željeza. Feritin vjerojatno fungira kao spremište i nosilac željeza, a možda ima i sâm neko fiziološko djelovanje. Tijelo ima velik kapacitet za spremanje rezerva željeza, koje se uvijek obnavljaju, te se time željezo razlikuje od esencijelnih sastojaka, koje smo već naveli. Ako su spremišta tijela jedamput napunjena željezom, nije potrebno daljnje primanje, osim ako ne nastanu gubici kao kod krvarenja teških rana ili menstruacije.

Mangan. — Mangan je esencijelni sastojak mnogih encimskih sistema, koji su sastavljeni od bjelančevina, vitamina i fosforne kiseline vezane s manganom. Primamo ga životinjskom i biljnom hranom u malim količinama, koje su obično dovoljne.

Bakar. — Tragovi tog elementa uvijek su prisutni u biljnoj ili životinjskoj hrani, naročito kuhanoj, jer proteini i aminokiseline mogu otopiti bakar s bakrenog ili pobakrenog kuhinjskog suđa. Tragove bakra primamo hranom, i kao kod željeza organizam je sposoban da troši bakar uvijek iznova i vrlo ga malo izlučuje. Dnevno primanje od oko 2 mg sa hranom preporučljivo je, iako srednji dnevni gubici kod odraslog čovjeka

iznose samo oko 0,02 mg. Bakar se nalazi u tijelu u spoju s nekim proteinima, koji djeluju kao oksidaze, te su potrebni za proizvodnju hemoglobina i za pigmentaciju kose i kože.

Kobalt. — Da je kobalt potreban u hrani, bilo je utvrđeno prije, nego što se znalo, da je on komponenta vitamina B_{12}. Nije poznato, da li je potrebno tijelu više kobalta nego za sam vitamin B_{12}. Zna se, da suvišak kobalta povećava stvaranje eritrocita, pa prema tome kobalt sudjeluje u nekim stupnjevima stvaranja eritrocita, od kojih je jedan ovisan o vitaminu B_{12}.

Cink. — Cink je također esencijelni element, koji se normalno nalazi u pankreasu, te je komponenta encima zvanog »karboanhidraze«, koji razgrađuje bikarbonate. Dolazi u raznoj biljnoj i životinjskoj hrani.

Ostali elementi. — Aluminij, arsen, barij, bor, cezij, krom, olovo, litij, molibden, rubidij, silicij, stroncij, kalaj, titan, i vanadij, elementi su, koji su nađeni u tkivima mnogih sisavaca. Ne zna se još, da li su samo neki od njih ili svi esencijelni elementi. Danas se misli, da dolaze sasvim slučajno. Neki od tih elemenata (arsen, barij, živa i olovo) vrlo su otrovni, dospiju li u želudac u topivoj formi i u većim količinama. Ostali, kao litij, koji su inače slabo otrovni, postaju jaki otrovi, ako njihov normalan antagonist (u tom slučaju kalij) nije prisutan u odgovarajućim količinama u hrani. Uglavnom postoji antagonizam između esencijelnih elemenata i njihovih srodnika iste grupe, kao na pr. između barija i kalcija, litija i kalija, magnezija i kalcija, i to djelomično zato, što su dovoljno slični, da mogu istisnuti jedan drugog, a s druge strane dovoljno različiti, da različito djeluju na tako važnu reakciju, kao što je to topivost bjelančevina. Taj se antagonizam očituje u otrovnim učincima. Danas još nije potvrđeno, da li krom i vanadij dolaze u ljudskom tijelu, ali su zato potrebni stanovitim nižim oblicima života u respiratornom sistemu, gdje nadomještavaju željezo i bakar.

ENERGETSKI HRANJIVI SASTOJCI

Ljudsko se tijelo često uspoređuje sa peći ili strojem. Ono je zapravo i jedno i drugo, jer spaljuje hranu, kako bi dobilo toplinu i moglo održati svoju temperaturu kod normale od oko 37°C, i jer pretvara oslobođenu energiju direktno u mehaničku silu. Tijelo mora, slično kao peć ili stroj, imati stalni i sigurni izvor kemijske energije za svoje operacije. Drugim riječima, ono neprestano treba gorivo. Veći dio primljene dnevne hrane služi kao gorivo. Svijesna glad dolazi najviše od potrebe za hranom, koja održava energiju, a ne od potrebe za građevnim materijalima, o kojima smo raspravljali u prvom dijelu ovog poglavlja. Doista, gorivo je uz kisik i vodu prva i najveća potreba tijela. Ne primamo li hranu, odnosno ako ne jedemo, tijelo spaljuje svoje vlastito tkivo, da bi dobilo energiju. Kad gladuje, tijelo propada, dok ne nastupi smrt. Kada tijelu zatreba energija, ono troši jednu od tri glavne skupine hranjivih sastojaka — proteine, ugljikohidrate ili masti. Ima li u hrani dovoljno ugljikohidrata ili masti, oni se direktno troše, a proteini mogu vršiti svoju primarnu funkciju, t. j. graditi tkiva i ostalu tjelesnu građu. Proteine, aminokiseline i minerale, nazvali smo esencijelnima na početku ovoga poglavlja zato, što ih ništa ne može nadomjestiti u funkciji izgradnje tijela. Svaki pojedini ima svoju funkciju i u tom je smislu specifično potreban za zdravo tijelo. Ali gledano u cjelini, potreba je za energijom na prvom mjestu, i tijelu treba u prvom redu energetska hrana. Energetska hrana nije specifično esencijelna. Može se zamjenjivati međusobno. Dokle god se hranjivi materijal može oksidirati — drugim riječima, spaliti s kisikom i oslobađati energiju — tijelu nije važno, kakve je vrste materijal. Izuzetak je celuloza i ostale netopive i neprobavljive tvari. Oksidirati se može na pr. alkohol, koji se redovito ne uzima kao hrana, nego specifično djeluje na nervni sistem, dospije li u krvni tok. Proteini i aminokiseline također se mogu spaliti, iako imaju važniju zadaću u tijelu. Hrana, koja je prvenstveno namijenjena za dobivanje energije,

jesu ugljikohidrati i masti. Koliko god su ti spojevi fizikalno i kemijski različiti, tijelo može i jedne i druge u svako doba spaljivati. Isto tako može pretvoriti jedne u druge i eventualno u CO_2 i vodu, koja se izdiše, a oslobođenu energiju ove oksidacije trošiti za životne procese, kao što su to čuvanje topline, rad, zabavljanje, a naročito za stalnu borbu za privređivanje hrane.

Ugljikohidrati. — Čovječje tijelo glavni dio potreba za gorivom podmiruje ugljikohidratima. Te supstance u svojim poznatim oblicima, šećeru, škrobu i celulozi, sintetizira svaka zelena biljka i list iz ugljičnog dioksida, zraka, vode i uz pomoć sunčane energije. To je zapravo obrnut proces od gorenja. To je reakcija, koju čovjek do sada nije mogao sam reproducirati, ali je to jedina prirodna reakcija, o kojoj ovisi čitav život. Bez nje nema bilja, a bez biljne hrane nema životinjâ.

Ugljikohidrati predstavljaju veliku skupinu supstanca. Zajednička im je osobina, što su izgrađene od ugljika, vodika i kisika u približnom omjeru 1:2:1. Njihovo ime potječe uglavnom od toga, što je odnos vodika prema kisiku približno 2:1, dakle isti kao kod vode, te bismo ih mogli smatrati kao hidrate ugljika, iako taj odnos danas više nema značenja. Najjednostavnija građevna jedinica svih dobro poznatih ugljikohidrata jest glukoza, koja ima u svom skeletu 6 atoma ugljika, 12 vodika i 6 kisika. Ostali članovi skupine uglavnom su višekratnici te formule, t. j. sastavljeni od dvije molekule glukoze (stoga se nazivaju dimeri, t. j. di-mer ili »duple forme«). To su neki poznati šećeri kao saharoza ili trskin šećer i laktoza ili mliječni šećer, koji imaju ugljikov skelet sa 12 ugljikovih atoma. Škrob ima mnogo veću molekularnu težinu, sa stotinu, pa čak i hiljadu ugljikovih atoma. On je također višekratnik glukoze ili, tehnički rečeno, polimer. Još viši polimer jest celuloza. Tom nizu pripadaju gotovo svi jestivi ugljikohidrati, a samo je celuloza netopiva i ne može se probavom u ljudskom tijelu razgraditi u jednostavnije oblike. Zato nije direktno pristupačna kao ljudska hrana. Nju međutim mogu probaviti

neke životinje, pomoću svojih bakterija (krava), ili pomoću protozoa (termiti), koji se nalaze u njihovu probavnom traktu. Celuloza se može razgraditi pomoću encima ili kiselina u jednostavne šećere, koji služe kao hrana. U biljkama dolazi i skupina ugljikohidrata, koja bazira na pentozi-šećeru sa 5 ugljikovih atoma umjesto 6. Jednostavne pentoze životinje asimiliraju i probavljaju. Dvije od njih, riboza i dezoksiriboza, dolaze u svim živim stanicama. Riboza kao komponenta riboflavina i životvornih nukleinskih kiselina, a dezoksiriboza kao druga komponenta nukleinskih kiselina. Pentoze dolaze također u obliku polimera nazvanih »pentozani«, koje nalazimo u biljnim gumama i slami. Nije još točno utvrđeno, da li ih ljudsko tijelo probavlja, ali se pretpostavlja, da se ne probavljaju lako, niti se lako asimiliraju. U svakom slučaju nisu neohodno potrebni kao energetska hrana.

Heksoze, naprotiv, i njeni polimeri vrlo su rasprostranjeni u biljkama, te se izuzev celuloze lako iskorišćuju kao pogonski materijal ili kao izvori malih molekula za građu životinjskog organizma. Životinjska hrana, izuzev mlijeka, predstavlja izvor siromašan ugljikohidratima, iako mišići i jetra sadrže polimer glukoze zvani »glikogen«. Stanovite biljke također sadrže glikogenu sličan polimer glukoze, ali za prehranu nije važno, da li se ta supstanca zove glikogen ili škrob.

Škrob i glikogen imaju empirijsku formulu $(C_6H_{10}O_5)_n$, u kojoj je jedna molekula vode manje nego u osnovnoj formuli glukoze. Ta se molekula vode izgubila kod spajanja dviju glukoza. $(C_6H_{10}O_5)_n$ znači, da se atomi u zagradi ponavljaju n puta u molekuli. Tu »n« može biti i broj od nekoliko stotina. Te se velike molekule hidroliziraju u tijelu uglavnom postepeno i daju sve manje i manje molekule, dok se ne dođe do glukoze ($C_6H_{12}O_6$). To zahtijeva malo energije. Glukoza se, naprotiv, dalje razgrađuje nizom reakcija, koje daju više energije stanicama, te se konačno pretvara u ugljični dioksid i vodu. Taj se niz reakcija može sumirati na slijedeći način:

Škrob + H_2O + energija → glukoza

$(C_6H_{10}O_5)_n + n\ (H_2O) \rightarrow {}_nC_6H_{12}O_6$

Glukoza + kisik → $CO_2 + H_2O$ + energija

$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O$ + 4 kalorije na 1 gram škroba.

I ostali ugljikohidrati daju sagorijevanjem na sličan način CO_2, H_2O i energiju.

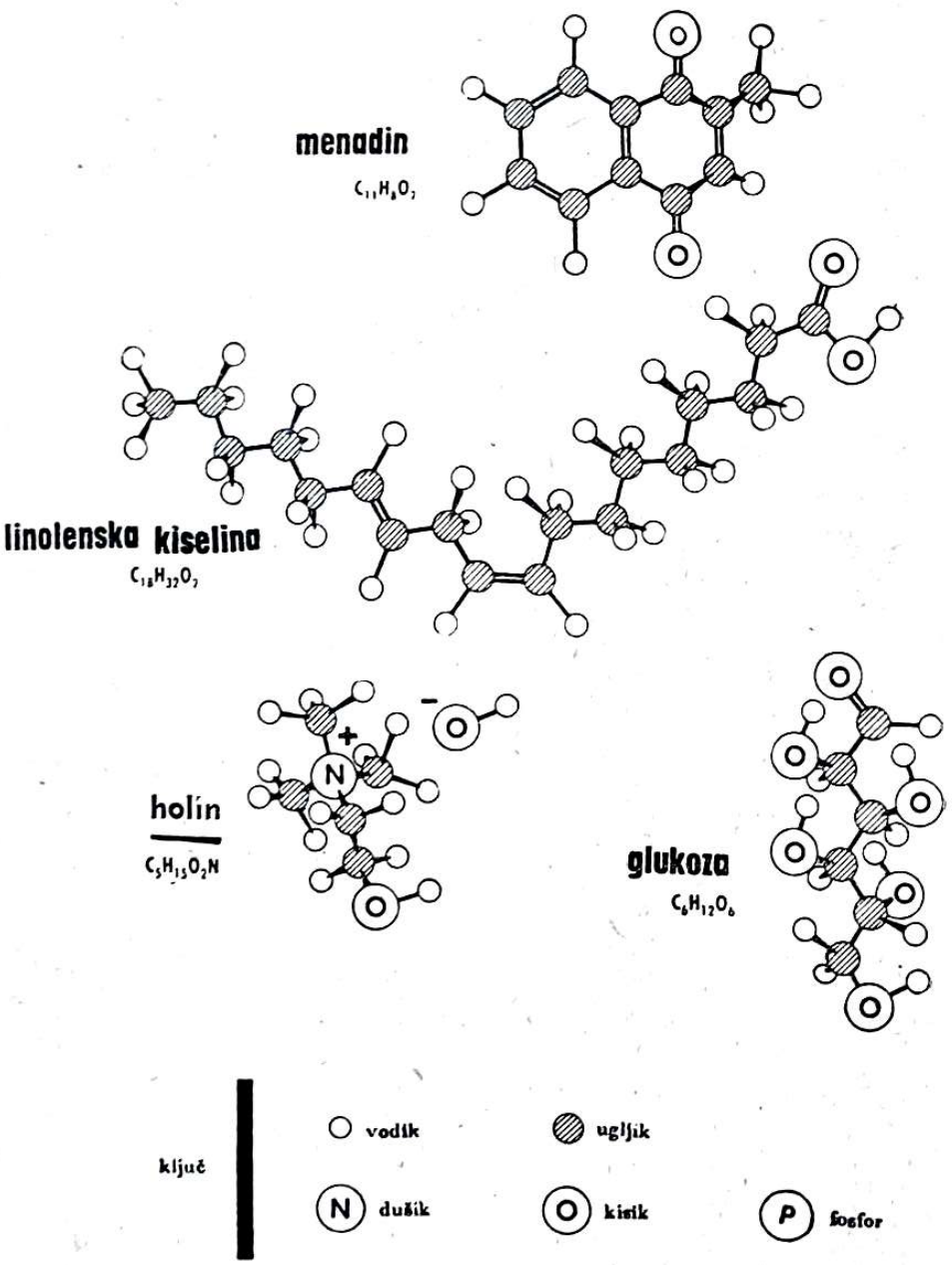
Tijelo ne mora spaliti sve ugljikohidrate, koje primi u suvišku s hranom, jer ih može spremiti kao rezervu u dovoljno velikim količinama za buduće potrebe. Tijelo može akumulirati ugljikohidrate u dvije vrste spremišta. Prvo, u jetri i mišićima u obliku glikogena. Jetra i mišići, a naročito jetra, predstavljaju izvore pristupačne energije, koji moraju biti uvijek puni, želimo li se dobro osjećati odnosno biti zdravi. Druga spremišta, za razliku od prvih, nisu ograničena kapaciteta, te spremaju ugljikohidrate u obliku raznih masti. Zato je umjerena količina rezervne masti potrebna tijelu kao rezervno gorivo, a i za zaštitu i izolaciju tijela, dok je veliki suvišak masti fiziološki i estetski nepoželjan.

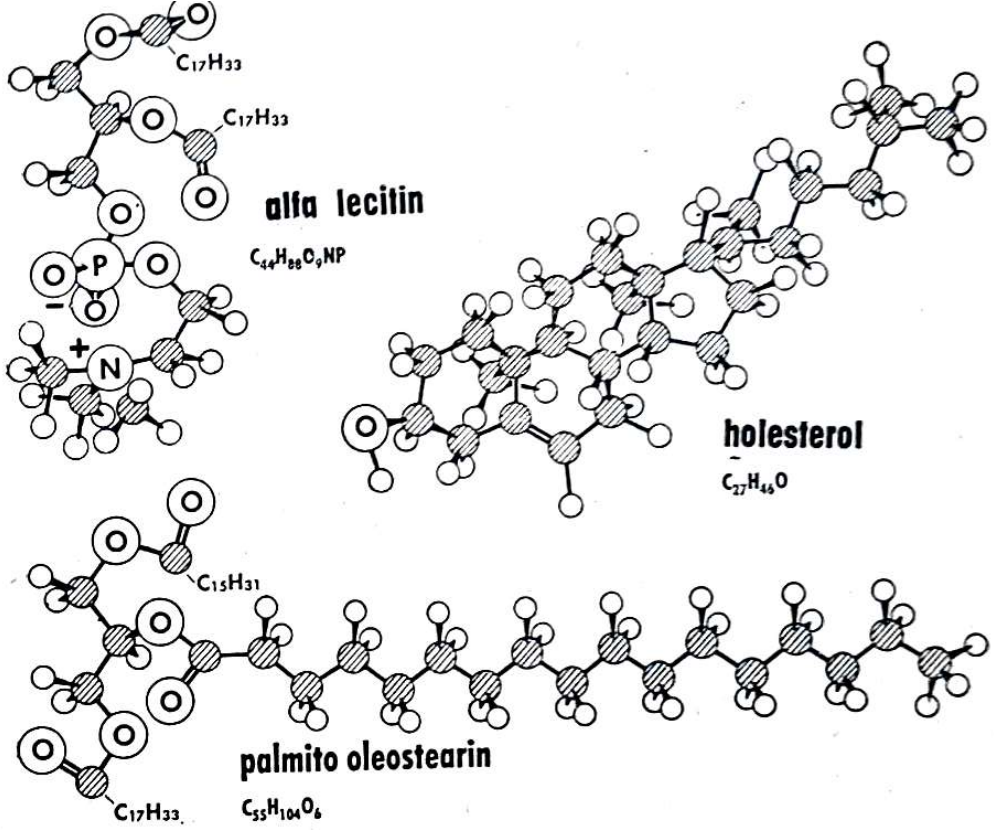
Tokom metabolizma glukoze stvaraju se spojevi, koji sadrže 6, 5, 4, 3, 2, ili čak samo 1 atom ugljika. Tijelo ih upotrebljava za izgradnju novih molekula ili za spremanje latentne energije u ugljikohidratnoj rezervi. Ugljikovi i vodikovi atomi glukoze mogu se spajati s dušikom, te stvarati neesencijelne aminokiseline, koje se opet sastavljaju s esencijelnim aminokiselinama hrane i tako stvaraju bjelančevine. Ti atomi mogu oblikovati nove šećere kao laktozu (mliječni šećer) za ishranu mladunčadi. Sastojci ugljikohidrata mogu se vjerojatno naći u strukturi bilo koje molekule, koju tijelo sintetizira.

Masti. — Slijedeću grupu energetske hrane sačinjavaju masti. One daju preko 2 puta više energije nego ugljikohidrati ili proteini, uzmemo li gram na gram. To je uglavnom zbog toga, što njihove molekule sadrže malo kisika, dok ugljikohidrati sadrže više, te su već djelomično oksidirani i tako oslabađaju manje energije od potpunog sagorijevanja.

Masti su spojevi (esteri) masnih kiselina i glicerina (srodnik ugljikohidrata). Glicerin spada u skupinu alkohola, čiji svi članovi sadrže —OH grupu. Glicerin ima 3 hidroksilne (OH) grupe. Masne kiseline, koje su u mastima vezane glicerinom, mogu

Neke molekule ugljikohidrata i lipida





varirati od onih s ugljikovim lancem od 4 ili 2 ugljika pa do onih od 20 i više u ugljikovu lancu. Prirodne masti sadrže rijetko istu masnu kiselinu vezanu na sve tri hidroksilne grupe glicerina. Svaka mast može zapravo sadržavati dvije ili 3 različite masne kiseline spojene sa tri hidroksilne grupe glicerina. Tako je tipična mast palmito-oleostearin, spoj glicerina s molekulom palmitinske, oleinske i stearinske kiseline (vidi dijagram).

Tijelo može hidrolizirati (t. j. razgrađivati) masti u glicerin i masne kiseline. Dio, koji sadrži glicerin, lako se pretvara u glukozu te služi kao tipični ugljikohidrat u metabolizmu. Masne kiseline se oksidiraju u manje molekule, kao na pr. u octenu kiselinu (CH_3 COOH), koja se ugrađuje u nove masne kiseline i masti, ili u ugljikohidrate ili neesencijelne aminokiseline, sterole i t. d., ili se dalje oksidiraju na ugljični dioksid i vodu.

Potpunu oksidaciju palmitinske kiseline možemo prikazati na slijedeći način:

$C_{15}\ H_{31}\ COOH + 46\ O_2 \rightarrow 16\ CO_2 + 16\ H_2O + 9$ kalorija energije po gramu. Troši li tijelo posebno spremljeno gorivo u obliku masti, ono koristi najkoncentriranije oblike, kojima raspolaže. Duga lančana molekula masne kiseline sadrži gotovo isto toliko potencijalne energije po gramu kao bilo koje drugo gorivo (osim atomskog).

Ostali lipoidi. — Pored masti hrana sadrži relativno male količine masnih kiselina vezanih za druge supstance. Dvije masne kiseline povezane sa glicerinom, fosfornom kiselinom i holinom čine »fosfolipoid« lecitin. Fosfolipoidi su vrlo rašireni u stanicama, gdje su ugrađeni u njihovu strukturu. Ima i drugih fosfolipoida, u kojima je holin zamijenjen etanolaminom ($NH_2—CH_2—CH_2—OH$), serinom ($HOCH_2\ CH_2\ NH_2\ COOH$) ili inozitolom ($C_6H_6\ (OH)_6$). O holinu i inozitolu već smo govorili u ovom poglavlju kao o vitaminima ili vitaminima sličnim supstancama, dok je serin aminokiselina. Ostali lipoidi, koji se nalaze u životinjskom i biljnom tkivu, sastavljeni su od masne kiseline dugog lančanog amina (sfingozina) i ugljikohidrata (obično galaktoze) ili pak od masne kiseline, sfingozina, fosforne kiseline i holina. Prvi se zove glikolipoid, a drugi sfingomielin.

Biljke i životinje sadrže derivate ciklopentanon perhidrofenantrena, koji su poznati kao steroidi. Samo je jedan od tih steroida životinjskog porijekla — holesterol, prisutan u dovoljnim količinama u nekim organima, što potvrđuje mišljenje, da služi kao rezervno gorivo. Zanimljivo je, da životinje ne mogu apsorbirati biljne sterole, te ih prema tome ne iskorišćuja kao gorivo.

Iako se čini, da su fosfolipoidi i steroidi neesencijelni hranjivi sastojci s malom vrijednosti kao gorivo, ipak nisu nevažni. Naprotiv, fosfolipoidi su bitni sastojci svih stanica i staničnih sokova, zato što važni oblici steroida izgrađuju vitamin D, seksualne hormone i hormon nadbubrežne žlijezde, koji je važan za život.

Proteini i aminokiseline. — Proteini i njihovi hidrolitički produkti, aminokiseline, ne služe samo kao strukturni i funkcionalni elementi u tijelu. Kada se u normalnom obroku nalazi suvišak aminokiselina, ili ako se tijelo hrani nedovoljnom količinom kalorija u obliku masti i ugljikohidrata kao i kod normalne i stalne razgradnje i ponovne sinteze proteinskih tkiva, dušični se dio aminokiseline odstranjuje, a ostatak se pretvara u gorivo, koje se iskorišćuje. Suvišak proteina i kalorija primljen s hranom pretvara se u glukozu i masti. Prima li tijelo nedovoljne količine ugljikohidrata i masti, pretvorba uvijek teče do ugljičnog dioksida vode i energije.

Te reakcije možemo prikazati na slijedeći način:

Protein + energija + $H_2O \rightarrow$ aminokiseline
Aminokiseline + energija — dušik $\rightarrow$ organska kiselina
Organska kiselina + $0_2 \rightarrow CO_2\ H_2O$ + energija.

Iako se troši energija kod pretvaranja proteina u organske kiseline, ipak sveukupna reakcija daje više energije, nego što je bilo upotrebljeno. Spali li se jedan gram proteina, dobiju se oko 4 kalorije energije, što je isto toliko, kao kad 1 gram ugljikohidrata spalimo do CO_2 i H_2O.

NEHRANJIVI SASTOJCI

Balasti i neprobavljivi sastojci hrane. — U većini hrane, naročito biljnog porijekla, ima dosta tvari, obično celuloze i pentozana, koje čovjek ne može probaviti niti asimilirati. Te neprobavljive tvari prolaze kroz crijevni trakt gotovo nepromijenjene, ali su zato ipak potrebne za fizikalno funkcioniranje želučano-crijevnog sistema. Općenito se misli, da voće, povrće, ljuske žita (mekinje), neka biljna sjemenja i gume uspostavljaju »normalna« crijevna pražnjenja, jer prolaze kroz crijevni trakt bilo nepromijenjene ili nabubrene apsorbiranom vodom.

Pored balastnih tvari, koje, izgleda, imaju određenu fiziološku funkciju, hrana sadrži i druge nepotrebne neprobavljive sastojke, isto kao što drvo i ugljen mogu sadržavati tvari,

koje ne gore. Tu spada razno sjemenje, voćne ljuske i stanoviti otporni životinjski proteini poznati kao keratini, koji se dobivaju iz kože, kose ili rogova. Te tvari prolaze nepromijenjene kroz želučano-crijevni trakt.

Začini. — U američkoj prehrani igraju znatnu ulogu razne tvari, koje se obično zovu hrana, a imaju malu ili nikakvu hranjivu vrijednost. To su kava, čaj, kakao i mirodije. U nekim dijelovima zemlje priznat je čak i duhan kao hrana. Pića iz ove grupe mogu doduše opskrbljivati tijelo gorivom, u obliku šećera i drugih ugljikohidrata, ali zahvaljuju svoju popularnost blagom stimulativnom učinku droga, koje posjeduju, kao na pr. kofein u čaju, kavi i kola-pićima, i teobromin, koji se nalazi u kakau, a također i u kola-pićima. Čokolada, kava i druge mirodije mogu poboljšati okus hrane, dok mirodije, zbog svog učinka na okus i miris, poboljšavaju apetit za inače zdravom, ali često neukusnom hranom.

Otrovi. — Neki sastojci hrane mogu biti korisni bilo kao balasti, bilo kao stimulansi ili aperitivi, iako ne pridonose samoj prehrani. Poznato je međutim, da hrana može sadržavati tvari, koje su štetne ili čak otrovne.

Neke biljke, kao stanovite glive muhare, sadržavaju u vrlo malim količinama jake droge nazvane alkaloidi, koje imaju neposredno i brzo djelovanje na čovječje tijelo i mogu prouzrokovati smrt, slično kao kod ujeda zvečarke. Takve biljke danas su već poznate, te ih možemo pojesti samo slučajem ili zbog neznanja.

Zdravu hranu mogu inficirati bakterije ili drugi mikroorganizmi, što može prouzrokovati obolenja. Te mikroorganizme možemo uništiti kuhanjem. Bolesna i pokvarena hrana može usprkos tome biti štetna, sadrži li otrovni materijal, što su ga proizvele bakterije. Toksin *Botulinuma* ostaje u konzerviranoj onečišćenoj hrani čak i poslije običnog kuhanja, a isto tako može toksin, što ga proizvodi *Stafilokokus*, prouzrokovati trovanja hranom.

Konačno ima i mineralnih elemenata, koji su toksički za ljudsko tijelo, a mogu dospjeti u nj upotrebom otrovnih insekticida pri prskanju voća ili ishranom životinja hranom, koja

TABELA 2

SADRŽAJ PROTEINA VITAMINA, MINERALA, VODE I KALORIJA U NEKIM NAMIRNICAMA U 100 GR OBROKA

Namirnica	Protein	Vitamini						Minerali					
		Vitamin A vrijednost	Tiamin	Riboflavin	Niacin	Askorbinska kiselina	Pepeo	Kalcij	Fosfor	Željezo	Voda	Sadržaj kalorija
	(gr)	(I. J.)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	%	(Cal)
Kruh[x] (bijeli, obogaćen)	8,5	0	0,24	0,15	2,2	0	1,8	79	92	1,8	34,7	275
Žito (kuhano)	2,7	390	0,11	0,10	1,4	8	0,9	5	52	0,6	75,5	85
Jaja (tvrdo kuhana)	12,8	1140	0,08	0,27	0,1	0	1·0	54	210	2,7	74,0	162
Jetra (govedа,kuhana)	23,6	53500	0,26	3,96	14,8	31	1,8	8	486	7,8	57,2	208
Mlijeko	3,5	(160)	0,04	0,17	0,1	1	0,7	118	93	0,1	87,0	68
Mišići (govedi)	26,0	(0)	0,06	0,20	4,1	0	0,7	11	117	3,1	51,0	309
Mišići (bakalar)	16,5	**0**	0,06	0,09	2,2	2	1,2	10	194	0,4	82,6	74
Zob (kuhani)	2,3	(0)	0,10	0,02	0,2	(0)	0,7	9	67	0,7	84,8	63
Kikiriki	26,9	0	0,30	0·13	16,2	(0)	2,7	74	393	1,9	2,6	559
Krumpir (pečeni)	2,4	20	0,11	0,05	1.4	17	1,2	13	66	0,8	73,8	98
Riža (bijela kuhana)	2,5	(0)	0,01	0,01	04	(0)	0,7	8	45	0,3	70,5	119
Soja (urda)	7,0		0,06	0,05	0,4	(0)	0,8	100	95	1.5	85,1	71
Pšenica brašno (obogaćeno)	10,5	(0)	0,44	0,26	3,5	(0)	0,43	16	87	2,9	12,0	364
Pšenica (zrno)	13,3	(0)	0,55	0,12	4,3	(0)	1,7	41	372	3,3	12,0	333

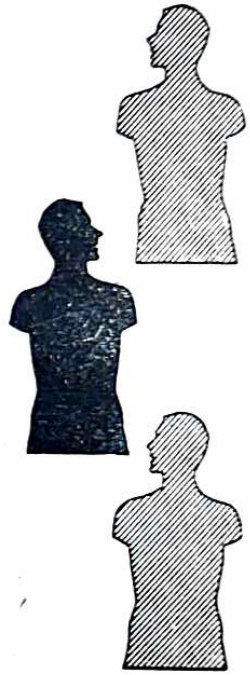
X rađeno sa 4% suhog obranog mlijeka

sadrži toksički materijal. Primjer za prvi slučaj je arsen, a za drugi selen.

Ima i drugih elemenata, koje uživamo u malim količinama, a koji postaju toksički, primamo li ih u većima. To su na pr. bakar i kobalt. Ostali esencijalni elementi nisu otrovni čak ni onda, kad ih tijelo prima u suvišku, ako inače normalno funkcionira, te ih može eliminirati. To je slučaj s kalijem, koji je esencijelni element. Odstranimo li nadbubrežnu žlijezdu, ili je ozbiljno povrijedimo, kalij se ne izlučuje u urinu, dok se natrij izlučuje u prevelikim količinama. U tom slučaju male količine kalija mogu prouzrokovati smrt. Toksičnost kalija može se spriječiti uzimanjem velikih količina natrijeva klorida, i to nekoliko puta više, nego što zahtijeva zdravo tijelo. Slični se primjeri mogu naći za gotovo sve ostale esencijelne metalne elemente.

IZVORI HRANJIVIH TVARI

Navedeni niz hranjivih sastojaka sačinjava materijal prehrane. U slijedećih pet poglavlja bit će opisano, što se događa s njima, kad se pojedu, zatim detalji zbivanja u probavnom traktu, proces apsorbcije u krvnom toku kao i samo djelovanje žive stanice tijela. Ostavimo načas hranjive sastojke i vratimo se hrani kao cjelini. Što zapravo znače jaja, meso, kruh, mlijeko, i druge glavne sastojine jednog ručka ili obroka u smislu hranjivih sastojaka, o kojima smo u ovom poglavlju raspravljali? Na to je pitanje odgovoreno u tabeli 2, gdje je navedeno nekoliko glavnih namirnica. U tabeli ćemo naći srednje vrijednosti sadržaja vitamina, minerala, proteina i kalorične vrijednosti za svaku navedenu hranu. Sadržaj masti i ugljikohidrata izražen je kalorijama, jer je zadaća tih hranjivih sastojaka, da daju kalorije.



TREĆE POGLAVLJE

Prerada hrane od usta do stanice

Bez obzira na konačnu svrhu života, prvi je i neposredni cilj ostati na životu. Primijenjeno na životinje, to znači stalnu potragu za prikladnom hranom i stalni oprez, da same ne postanu hranom. Za suvremenog čovjeka to znači privređivati sredstva za život, a prvenstveno uzimati hranu za održavanje života. Bilo da se bavi lovom, ribarenjem, obrađivanjem zemlje ili trgovinom, čovjeku je prva briga, da ima podrum i da napuni smočnicu i hladionik. Život teče dobro, ako ima kruha, mlijeka, povrća, voća i mesa.

Pribavljanje hrane prelazi okvir ove knjige. Prirodne tvari prehrane samo su uvod u knjigu. Na temelju drugog poglavlja, nas interesiraju prirodne tvari za izgradnju tijela, proteini, vitamini i minerali, kao i energetske prirodne tvari — ugljikohidrati i masti. Uzimanje hrane i njeno unašanje u usta svijestan je i jednostavan uvod hranjenja. Ulaženje hrane u stanice tijela nesvijestan je, ali vrlo složen proces. Probavni je kanal ne samo dio tijela, već i prolaz kroz tijelo. Njegov sadržaj može proći nepromijenjen, ali tijelo obično u tome malom prolazu vrši svoje prve reakcije na hranu. Probavni sokovi i encimi djeluju na sastojke i molekule hrane i pretvaraju ih u jednostavnije i manje dijelove. Ovi dijelovi mogu prodrijeti kroz crijevne stijenke, ući u krvni tok i tako naći put do živih stanica unutar tijela. Upravo tim želučano-crijevnim procesima sastojci hrane postanu topivi u vodi. Hrana je inače netopiva, što je razumljivo, jer bi je u suprotnom slučaju mogla i kiša otopiti i isprati.

Ovo poglavlje obrađuje prvenstveno probavne procese, kojima se netopiva hrana pretvara u topive sastojke, koji se mogu asimilirati kroz tanko tkivo probavnog trakta.

To je proces pripreme, kako bi hrana kasnije mogla sama produžiti put do samog sjedišta života — do živih stanica tijela, i stanica organa, u kojima se vrši disanje, reprodukcija, cirkulacija krvi, stvaranje energije, kemijska sekrecija ili brzo gibanje. Što se događa unutar samog tijela i unutar tih stanica, bit će opisano u slijedećim poglavljima.

OPSKRBLJIVANJE HRANOM

Faktori, koji kod čovjeka utječu na uzimanje hrane, bili su uvijek predmet prepirki. Koju će hranu čovjek trošiti, ovisi o njegovoj ličnoj sklonosti ili nesklonosti, navikama iz djetinjstva, odgoju, rasnim i religioznim običajima, kao i privredi, proizvodnji, distribuciji i pristupačnosti hrane. Taj je problem jednostavniji kod životinja, a bio je relativno jednostavan za primitivnog čovjeka.

Dva faktora — glad i apetit — odlučujući su u izboru i uzimanju hrane. Oni su tako usko srodni, da se često zamjenjuju, te ih je često teško razlikovati. Apetit se može osjetiti i kod punog želuca. Javlja se, štaviše, pri samome promatranju naročito ukusne hrane, te je zato neovisan o gladi. Iako glad obično prati jak apetit, ipak to nije uvijek nužno. Svatko je od nas osjetio gubitak teka, ako ručak nije bio svježe pripravljen, iako smo još uvijek osjećali prazninu i glad. Glad je prirodni nagon, koji se osjeća odmah poslije rođenja, te gotovo ne ovisi o iskustvu, navikama i fiziološkim faktorima. To je osjećaj, koji prati stezanje želuca, kada je ovaj prazan, ili gotovo prazan. To je neugodan i gotovo vrlo bolan osjećaj, što se najbolje vidi po plaču gladna djeteta. Agonija glada goni na akciju, i kao što je rekao Cannon, »to je tako određen, tako neugodan i tako mučan sjećaj, da ljudi počinjaju zločine, kako bi ga stišali. Može dovesti i do kanibalizma čak i kod civiliziranih ljudi. Mnoge navodi na samoubojstvo. Porazio je mnoge armije, jer borbeni duh napušta i veće ideale i postaje ličan i sebičan, kada se muke gladi pojačavaju i postaju nesnošljive.« Bol od gladi i praznog želuca ima prekide. Iza grča prilikom stezanja želuca slijedi period popuštanja, koji traje pola do 2 sata. Zatim se ciklus ponovi, dok god se ne uzme hrana. Ako gladovanje potraje, ta se periodična aktivnost nastavlja. Periode gladi nakon desetodnevnog posta nisu bitno različite ili dulje od onih poslije jednodnevnog gladovanja. Ako se gladovanje nastavi, glad ne postaje intenzivnija, ali zato sa tim ponavljanjima raste fiziološka napetost.

Apetit je zbog složene prirode i neodređene lokalizacije mnogo teže odrediti. On je više stečen, nego prirođen. Ovisi o iskustvu stečenom na okusu i mirisu hrane. Novorođenče osjeća glad, ali vjerojatno ne i apetit. Apetit je ugodan osjećaj povezan s predodžbom mirisne i ukusne hrane. Ta duševna predodžba spojena s primanjem ukusne hrane igra važnu ulogu u stimuliranju lučenja sline i želučanog soka i početka probavnog procesa. Zato su apetit i glad signali, koji potiču stalno uzimanje hrane. Glad nam daje sigurni poticaj,

kada treba početi jesti, a unutarnji osjećaj zadovoljenja ili sitosti, kad treba prestati.

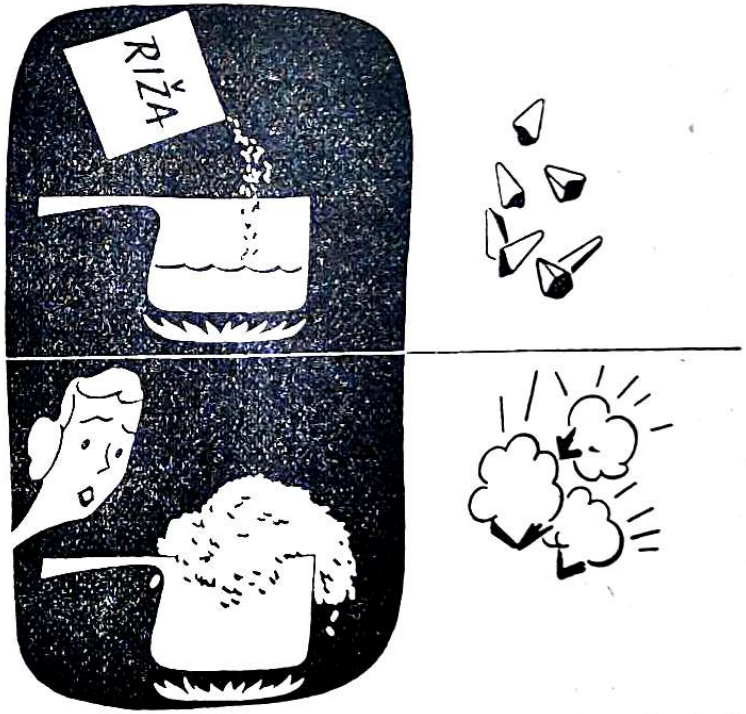
Kuhanje. — Izazivanje apetita suština je kuharske vještine. Boja, oblik, i krasni aranžmani primamljuju oko, aroma raznih juha i žestokih jela utječe na osjet mirisa. Različito sastavljena hrana, počev od krte salate do nježnih poslastica, djeluje na osjet opipa; umaci i začini poboljšavaju okus inače bezukusne prirodne hrane; hrskavost djeluje čak i na sluh. Kuhari i domaćice natječu se u toj vještini.

Međutim, sa stanovišta nauke, kuhanje malo pridonosi vrijednosti ili probavljivosti hrane. Samo se neki proteini poboljšavaju kuhanjem (soja, bjelance jajeta), a isto tako i masti. Tetive mesa smekšavaju se, a slanina se lakše emulgira, ako se prethodno istopi u mast. Međutim to ne znači poboljšanje u kemijskom smislu. Kuhanjem se hrana obično sterilizira, te se uništavaju bakterije, što je naročito važno kod voća i povrća, koje prolazi kroz mnogo ruku. Kuhanjem se ubijaju i takvi životinjski paraziti, kao što je na pr. trihina. Ta je prednost kod voća i povrća umanjena, jer se kuhanjem gube u vodi izluženi vitamini, kada vodu ocijedimo. Zato je općenito poželjno kraće vrijeme kuhanja radi sterilizacije, mekšanja i poboljšavanja mirisa hrane.

Jedini je izuzetak škrob. U škrobnatoj hrani, kao žitu, krumpiru, gomoljima i drugom korijenju, škrob se nalazi u mikroskopskim stanicama, koje pucaju u vrućoj vodi ili pari. Hranidbeni su pokusi pokazali, da se samo polovica nekuhanog škroba probavi, dok se kuhanog probavi oko 90%. Kada se stanica raspukne, škrob apsorbira vodu, nabubri i postane porozan, te je tako pristupačan probavnim sokovima i zato pogodan za jelo. Svaka domaćica zna, kolike količine vode može apsorbirati riža za kuhanja. Krušno tijesto sadrži vodu potrebnu pri pečenju. Krumpir, pa čak i kokice, sadrže dosta vode ispod kožice, tako da se škrob pri kuhanju hidrolizira i nabrekne. Taj je proces skoro gotov kod brzo kuhanih pahuljica prije pakovanja, a u hrani za doručak ili hladnim

kašama potpun je. Jedina prirodna škrobnata hrana, koju ne treba kuhati, jest banana.

Izabiranje hrane. — Jasno je, da glad i apetit prevladavaju kao regulatori pri uzimanju hrane što se tiče količine, ali je u pitanju njihova pouzdanost kao automatskog vodiča, kod primanja hrane u pogledu kvaliteta, t. j. s obzirom na po-



Kuhanjem pucaju celulozne ovojnice mikroskopskih škrobnih zrna, čime se škrob izlaže probavi. Bubrenje škroba primanjem vode, zbunilo je mnogu mladu domaćicu.

trebne aminokiseline, vitamine i minerale. Ohrabrujuća obavještenja o ovom problemu dobila su se takozvanim »Studijama vlastitog izbora«, u kojima su životinjama i ljudima stavili na biranje raznoliku hranu na način, na koji se služi hrana u automatskim restoranima. Istodobno se pratila raznoličitost njihova izbora s obzirom na prehrambene potrebe. U

nekim su slučajevima takvi pojedinci pametno odabirali potrebnu hranu, ali u mnogim slučajevima njihov izbor nije bio baš najbolji.

Često se navodi primjer djece othranjene majčinim mlijekom, koja od časa odbijanja od sise nisu primala uobičajenu hranu odraslih. Ta su djeca proučavana tokom 6 godina. Bez utjecaja ideja odraslih i unaprijed smišljenih predrasuda o hrani, ovoj je djeci ponuđena prirodna i jednostavna hrana. Osnovne 34 vrste hrane bile su ponuđene u posebnim zdjelama triput dnevno, a djeca su mogla sasvim slobodno birati. Iako je izbor hrane pojedinaca bio neobičan kako po količini tako i po sastavu, ipak se nakon izvjesnog vremena pokazalo, da je prehrana bila izvanredno dobro uravnotežena. Često su djeca uzimala čudne kombinacije za doručak, kao jetra i narančin sok i »zakuske« sa mnogo jaja ili banana uzastopce. Usprkos tome, djeca su se razvijala i rasla normalno, te su bila pošteđena od probavnih smetnja, i nije se pojavio problem pomanjkanja apetita. Mogu se navesti i drugi primjeri pametnog izbora potrebne hrane: općenita sklonost djece za ribljim uljem, kada im je jako potreban vitamin D. Štakori, kojima manjka tiamin, uzimaju ga u velikim količinama. Trudne žene primaju velike količine kalcija, kako bi podmirile povećanu potrebu za kalcijem, koji služi za razvitak kostiju novorođenčeta.

Neke studije opet pokazuju, da slobodno izabiranje hrane nije uvijek nepogrešivo. Tako na pr. nisu u jednom pokusu štakori kod slobodnog izbora hrane uzimali proteine za održavanje života, iako su ih imali dovoljno na raspolaganju. U drugom su opet pokusu svinje, iako su bile hranjene raznim krmivima, uporno glodale bakrene prstene na ulaznim gredama. Kad su te prstene zamijenili prstenima raznih metala, svinje su izabirale one, koji su sadržavali bakar. To je jasno pokazivalo, da svinjama manjka odgovarajuća količina bakra. Zatim su ih podijelili u dvije odvojene grupe i hranili ih raznim količinama bakra, ali bez kontrole o tome, da li su svinje dodani bakar iskoristile. Svinje su ipak nastavile glodati prstenje unatoč primanju bakra. Također je dobro poznato, da ži-

votinje jedu prirodne otrove, što nije znak instinktivne mudrosti. (Po starom narodnom vjerovanju rajčice su otrovne, jer ih svinje ne jedu.)

Zato vjerovanje, da apetit oslobođen predrasuda može služiti kao vodič u ispravnoj prehrani, ima dosta, ali ne i potpunog opravdanja, kako kod čovjeka, tako i kod životinja. Stručnjaci za prehranu općenito su mišljenja, da je potrebno više istraživanja i analiza, prije nego se mogu izvesti određeni zaključci o tom problemu.

Stalno i isprekidano primanje hrane. — Povremeni ili dulji prekidi primanja hrane pokazali su mnoge za prehranu važne i interesantne činjenice. Takvi prekidi ne ograničavaju se samo na periode pomanjkanja hrane, kao što je to u slučaju rata ili gladi. Nova istraživanja pokazala su, da mogu biti važni i u svakodnevnoj praksi kod uobičajenog uzimanja triju obroka dnevno. Pomanjkanje cjelokupnog opskrbljivanja hranom obični je slučaj pod uvjetima opće gladi. To je više slučaj nedostatka više vrsta hranjivih sastojaka, nego samo jednog potrebnog. O problemu prekidanja u opskrbljivanju specifičnim hranjivim sastojcima, kao što su razni vitamini i minerali, raspravljat ćemo kasnije.

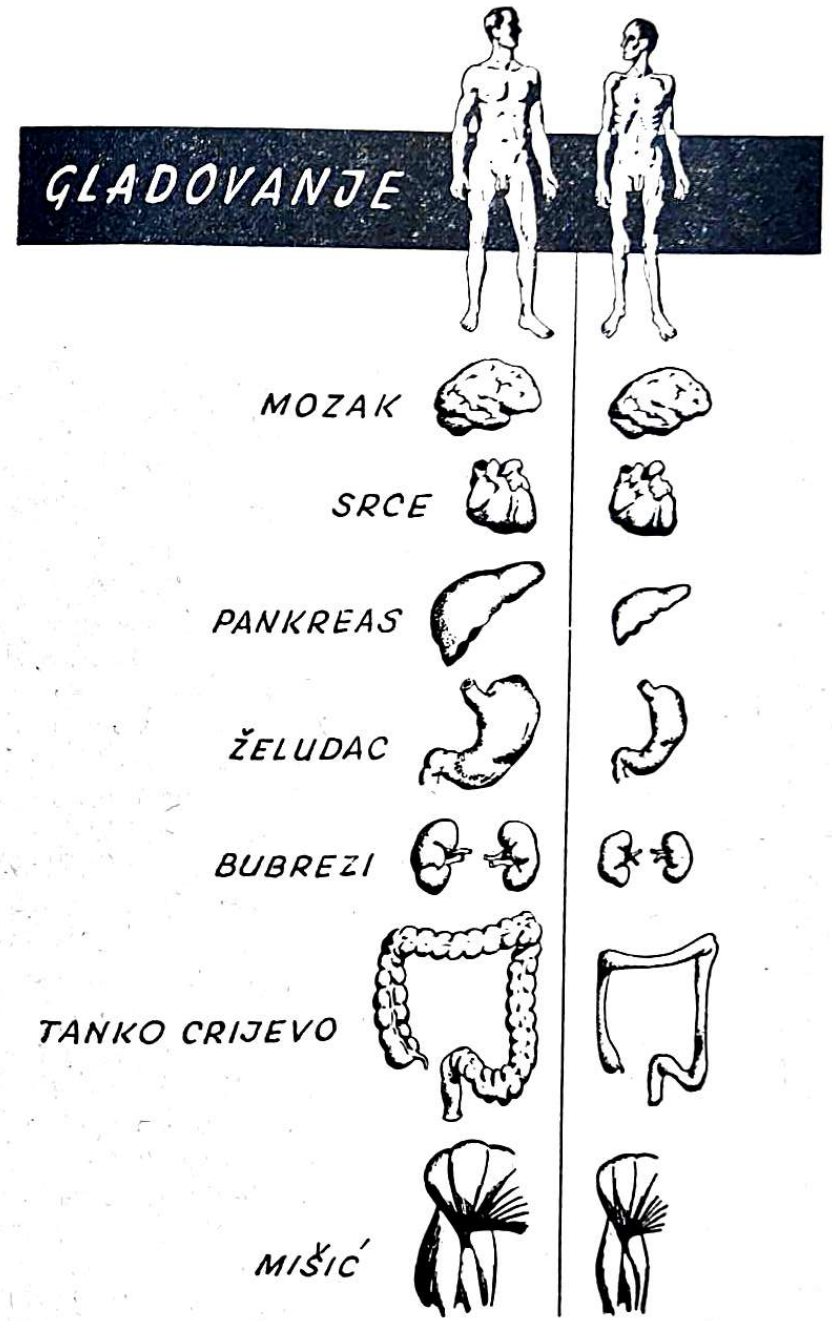
Odrastao čovjek može sigurno mnogo dulje živjeti bez hrane nego bez vode. To je već od davnine interesantno pitanje. O tome nam govore i mnoge brojke, ali se čini, da mnoge nisu pouzdane. Izvršena su namjerna gladovanja od 30 dana pa i više, pri čemu je tijelo izgubilo 20—25% od svoje težine, ali se naknadno opet oporavilo. Raspoloživi podaci pokazuju, da čovjek može podnijeti dugim gladovanjem gubitak od preko 40% svoje tjelesne težine, ali da se uvijek uspješno oporavi, ako opet jede. Gladovanje utječe na razne dijelove tijela različito, na neke jače, na druge slabije. Relativno su otporni nervni i skeletni sistem, dok debela i limfatična tkiva, brzo znatno degeneriraju. Ženski reproduktivni organi naročito su osjetljivi na pomanjkanje hrane, tako da brzo nastanu smetnje u menstrualnom ciklusu i u plodnosti. Učinci na muške rasplodne organe manje su vidljivi, ali jednako važni. Želučano-crijevni trakt relativno je otporan, ali se može prilično

degenerirati dužim gladovanjem. Te su promjene očito opasnije, a to se vidi po tome, što ti pojedinci ne mogu sami probavljati i absorbirati hranu, koju naknadno prime. Krvni sistem ostaje za vrijeme gladovanja prilično stabilan, iako gladovanje utječe i na njega. Jedan od očitih znakova takva učinka jest t. zv. »edem gladi«, pri čemu se poremete osmotski odnosi, zbog pomanjkanja proteina krvi, što omogućuje prodiranje sokova u tkiva. Mišični sistem gubi mnogo na težini i funkciji, što uvelike pridonosi popratnoj krajnjoj slabosti. Mišić srca za vrijeme gladovanja ostaje pošteđen.

Skelet, zubi i nervni sistem gube malo ili ništa na težini. Katkada mogu čak i dobiti na težini.

Mogućnost oporavljanja ponovnim primanjem hrane poslije gladovanja ovisi uglavnom o stupnju pretrpljenih staničnih povreda. Stanice, koje su samo jednostavno atrofirale, oporavit će se brzo. One, koje su pretrpjele značajnu citoplazmatsku, a naročito nuklearnu degeneraciju, ne mogu se oporaviti. Iako učinci gladovanja u raznim slučajevima znatno variraju, potpuno je oporavljanje u bilo kojemu organu moguće do stanovitog stupnja. Iznad toga moguće je samo djelomično oporavljanje ili nikakvo. Izbjegne li se neposredno smrti, ostaju zakržljale i nerazvijene forme. Brojne studije pokazale su, da svako značajnije pomanjkanje hrane tokom rasta sprečava dostignuće pune tjelesne veličine, makar se naknadno primalo dosta hrane.

Istraživanja o posljedicama isprekidanog gladovanja štakora, kao i stalnog primanja hrane u dovoljnoj količini tokom cijelog života, dale su možda jedan od najzanimljivijih uvida u taj općeniti problem. U tim su studijama davane štakorima smanjene količine kalorija, dok su minerali, vitamini i proteini bili zastupljeni u odgovarajućim količinama. To je, dakako, prouzrokovalo zastoj u rastu, ali se zato znatno produljio vijek tih štakora, za razliku od onih, koji su se dovoljno hranili cijelog života. Polagani rast očito pridonosi produžavanju života. Iako je taj pokus bio izveden s pokusnim štakorima, te se ne može direktno odnositi na čovjeka, ipak daje



Tijelo koje gladuje spaljuje vlastita tkiva kao gorivo, ali pošteđuje mozak i srce.

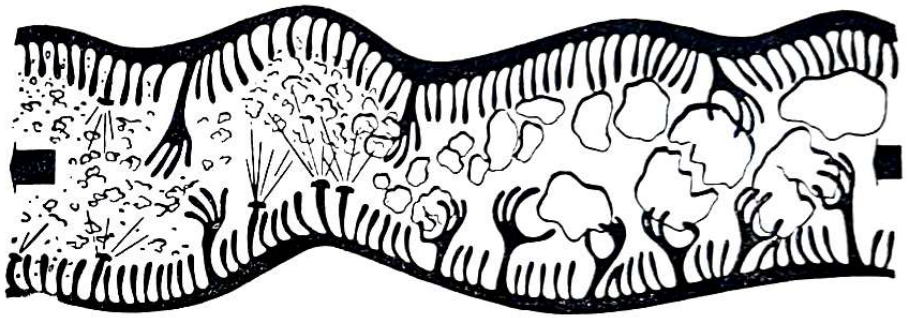
povoda za razmišljanje. Poznato je, na primjer, da žene preživljuju muškarce.

Uzrok ove razlike može biti u polaganijem rastu kod žena. Zadržavanje rasta kod štakora jednostavnim ograničavanjem kalorija ne samo da produžava život, nego također sprečava t. zv. »degenerativna oboljenja pluća«, kao i sklonost stanovitim tumorima.

Nedavno je bilo otkriveno, da je stalno primanje uravnoteženih aminokiselina, ne samo svaki dan, nego i sa svakim pojedinim obrokom od veoma velike važnosti. Pokusni štakori hranjeni obrocima, koji su sadržavali svih 10 esencijelnih aminokiselina, dobivali su na težini. Međutim, ako se obrok podijelio tako, da je samo 5 aminokiselina hranjeno u jednom, a ostalih 5 iza toga obroka, štakori su gubili na težini, iako su u toku 24 sata primili istu količinu istih aminokiselina kao i prvi. To pokazuje, da je za sintezu tkiva potrebno da su sve esencijelne aminokiseline pristupačne praktički istovremeno u tkivu. Inače se prva apsorbirana grupa ne može sačuvati, dok ne stigne slijedeća, naknadno uzeta, s kojom može sintetizirati proteinsko tkivo. To znači, da svaki dnevni obrok mora biti dobro uravnotežen barem u proteinima, jer prosječna dnevna ravnoteža to ne može nadoknaditi.

Konačna svrha hrane nije postignuta, dok god hrana ne uđe u samo tijelo, t. j. u pojedine stanice tijela, gdje vrši svoje funkcije. Ali prije nego što hrana može ući u pojedine stanice, mora proći niz nužnih promjena, kao probavu, apsorbciju i transport. Probava — prva karika u tom lancu — jest priprema hranjivih tvari za apsorbciju u crijevnom kanalu. Većina hrane suviše je složena, a da bi se mogla apsorbirati kao takva, te se zato mora razgraditi u jednostavnije topive produkte. Samo je poneka hrana, kao voda, glukoza, i neke mineralne soli, dovoljno topiva ili sadrži dovoljno male molekule za neposrednu apsorpciju i zato se ne treba probavljati. Probavu sačinjavaju mehanička i sekrecijska aktivnost raznih žlijezda, kemijska aktivnost raznih encima, solne kiseline i žuči, a kod čovjeka samo donekle i bakterijelna aktivnost. Mehanička aktivnost obuhvaća žvakanje, gutanje i kretanje

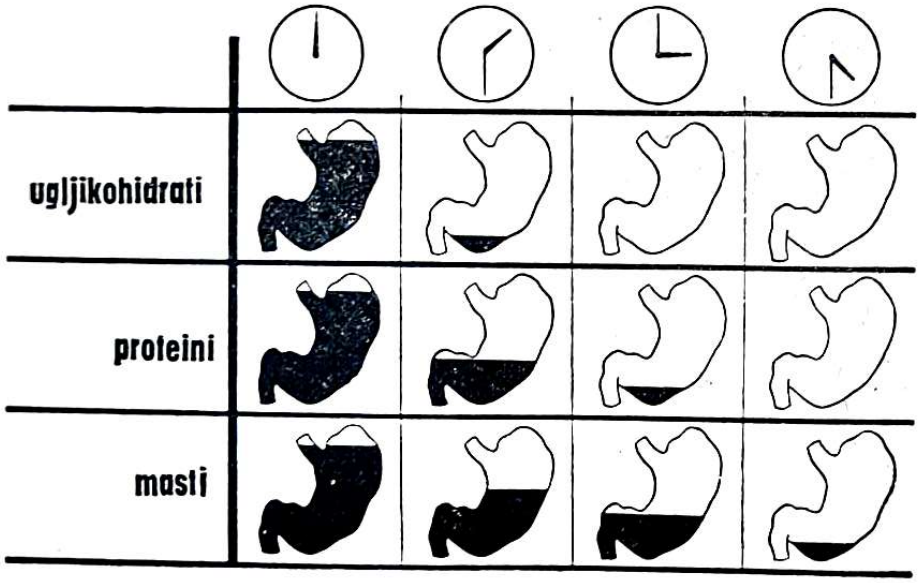
crijevnog trakta. Žvakanjem se hrana drobi na manje dijelove, te je tako izložena veća površina za djelovanje kemijskih agensa. Pri žvakanju hrana se miješa sa slinom u ustima, te se time olakšava gutanje, a kod čovjeka počinje i rastvaranje škroba. To rastvaranje vrši encim ptialin, koji specifično djeluje na škrob i stvara topiviji produkt — maltozu. Na taj se način ne rastvori sav škrob hrane. Nešto prolazi nerastvoreno, te se tek kasnije razgradi.



Probava obuhvaća mehaničku razgradnju i, štaviše, kemijsko otapanje hrane.

Probava u želucu. — Kada hrana uđe u želudac, probava se nastavlja, naročito kemijskim putem. Hrana ulazi u slojevima, ali se polaganim pokretima želuca čitava masa miješa, i tako dolaze svi dijelovi hrane u kontakt sa želučanim sokom. Želučani je sok bistra želučana sekrecija, koju izlučuju žlijezde želučane stijenke, i sadrži dvije sastojine veoma važne za probavu — pepsin i solnu kiselinu. Mladunčad nekih životinja posjeduje i renin, koji koagulira mlijeko. Pepsin je encim, koji potiče razgradnju proteina sve do smjese peptida, koji su topivi, ali još nisu sposobni za apsorbciju. Djelovanje pepsina pomaže solna kiselina na način, koji se obično zove »aktivacija«. Solna kiselina može donekle razgraditi i tvari kao na pr. saharozu ili tršćani šećer na glukozu i fruktozu. Ona ima osim probavne još i drugu funkciju, t. j. djeluje kao antiseptik, stvarajući nepovoljni medijum za rast stanovitih štetnih bakterija u želucu.

Tijelo posjeduje niz dobro uravnoteženih mehanizama, koji usklađuju izlučivanje želučanog soka s nadolaženjem hrane. To izlučivanje potiče jednostavni mehanizam žvakanja, pa čak i samo očekivanje hrane. Nervni sistem šalje impulse želučanim žlijezdama, koje onda izlučuju probavni sok. Ulazak hrane u želudac prati obilno izlučivanje želučanog soka, koje je djelomično prouzrokovano mehaničkom stimulacijom ili »golicanjem« želučane stijenke, a djelomično složenim kemijskim mehanizmom. Prisustvom hrane u želucu stvara se nepo-



Ugljikohidrati najbrže napuštaju želudac; mast ostaje najduže.

znata supstanca gastrin, koji ulazi u krvni tok, a onda u želučane žlijezde, koje kemijskim putem potiče na izlučivanje. Prema nekim podacima, taj je kemijski nadraživač histamin ili neka usko srodna sastojina. Želudac ima velik kapacitet širenja, i zbog toga služi za neko vrijeme kao spremište progutane hrane. Hrana se ovdje zadržava, dok god se ne razgradi do polučvrste, upol probavljene mase, zvane »chyma«, koja može proći kroz želudac u tanko crijevo, gdje se dalje probavlja. Vrijeme, za koje se hrana zadržava u želucu, razli-

čito je. Mali pokusni obroci ostali su 1 do 4 sata, dok normalni obrok može ostati i 6—7 sati. Na to utječe vrsta hrane. Mast, na pr. ostaje u želucu dulje od proteina, a proteini opet dulje od ugljikohidrata. Ovaj zastoj u želucu zove se popularno »sjeda na želudac«. Pečena hrana, prevučena ili natopljena mašću, ostaje dugo u želucu, pa tako i osjećaj sitosti dulje traje. S druge strane, obrok sastavljen uglavnom od ugljikohidrata, prolazi brže kroz želudac, pa se tako i osjećaj gladi brže vraća. Stoga je zasitan onaj obrok, koji ostaje dulje u želucu. Zasitnost hrane (što ne znači i hranjivost) ovisi djelomično o količini izlučenog želučanog soka. Meso izaziva obilno lučenje, jer sadrži veliku količinu topivih ekstraktivnih tvari. Ugljikohidrati sadrže općenito manje količine u želucu topivih ekstraktivnih tvari, i zbog toga izazivaju manje lučenje želučanog soka. Oboje logički objašnjava uobičajeno sastavljanje ručka.

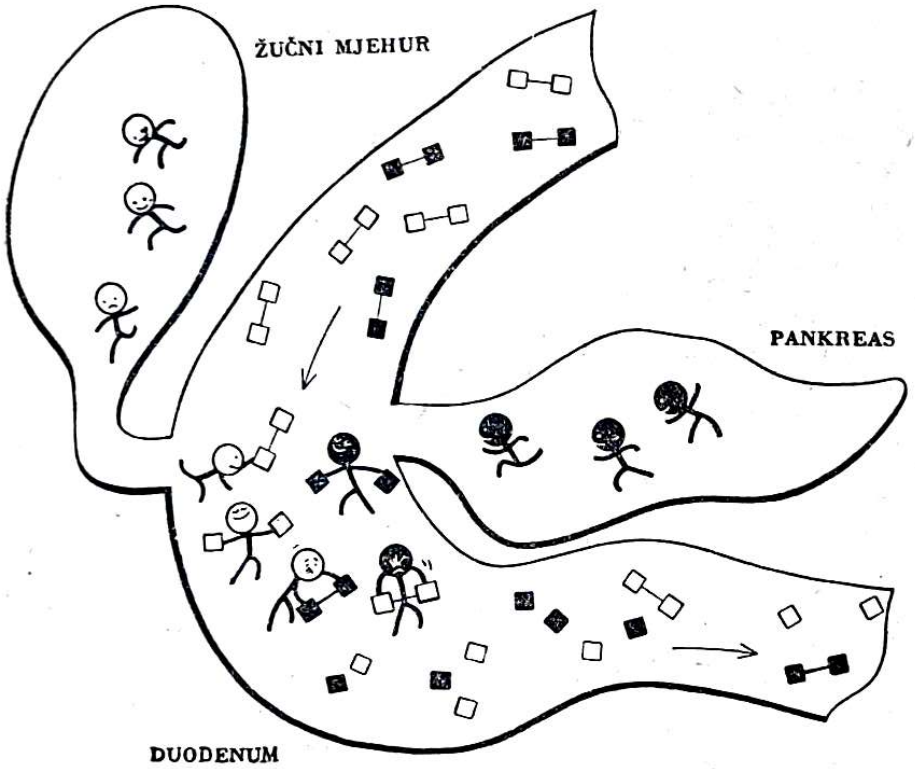
Najprije uzimamo juhu (ekstrakt iz mesa), zatim meso, krumpir i drugo povrće. Još je bolje, ako imamo uz to kruh namazan maslacem (mast) ili salatu s uljem. Uzimamo li na kraju poslastice (šećer), poraste zasitna vrijednost ručka. Takav objed ostaje najdulje u želucu, izaziva najobilnije lučenje želučanog soka i pruža najveće zadovoljstvo.

Poslije objeda djelomično probavljena hrana u polutekućem stanju ulazi u intervalima u tanko crijevo. Kako probava napreduje, poluprobavljena hrana ulazi sve brže, dok se želudac ne isprazni. Faktori, koji utječu na mehanizam pražnjenja želuca, još nisu potpuno objašnjeni. Pritisak izazvan kontrakcijom želuca, nesumnjivo je jedan od faktora, ali utječu i drugi, kao na pr. kiselost.

Probava u tankom crijevu. — Ušavši u tanko crijevo, polutekuća se »chyma« podvrgava iscrpnoj probavi. Ovdje se većina hrane probavlja, sve dok nije u stanju, u kojem se može apsorbirati i ući u samo tijelo. Chyma se uglavnom sastoji od proteina u raznim stepenima razgradnje (proteoze i peptidi), ugljikohidrata u originalnom obliku (celuloza, škrob, dekstrini, sastojine šećera, maltoza, saharoza i laktoza) i otopljenih masti, kao i drugih spojeva.

Glavni agensi tankog crijeva jesu: sok gušterače, žuč, koju proizvodi jetra, i crijevni sok, koji luče žlijezde kroza stijenke, a donekle i spontano gibanje samih crijeva.

Gušterača izlučuje najmanje pet encima, koji razgrađuju proteine, masti i ugljikohidrate u jednostavnije dijelove. Tri su od njih proteolitički, što znači, da cijepaju proteine. Od



Zučni i pankreasov sok sadrže sve specifične agense, koji mogu cijepati pojedine tipove molekula hrane.

tih tripsin i himotripsin pretvaraju proteine u srednje produkte razgradnje — peptide — i konačno u aminokiseline, koje se kao takve mogu apsorbirati. Treći proteolitički encim jest karboksipeptidaza, koja naročito razgrađuje peptide sa slobodnom karboksilnom grupom odcjepljujući završne aminokiseline. Encimi gušterače, koji cijepaju masti — lipaze —

pretvaraju prave masti u masne kiseline i glicerin. Glicerin je u vodi topiv i može se kao takav apsorbirati, dok se masne kiseline moraju za apsorbciju dalje preraditi, jer nisu topive u vodi. Slijedeće važne sastojke hrane — ugljikohidrate — razgrađuje amilaza gušterače, koja je slična ptialinu u slini. Ona pretvara škrob u dekstrine, a dekstrine u maltozu. U gušterači su prisutne također i manje količine drugih encima. Sadržaj crijeva razgrađuje dalje niz encima crijevnog soka. Mnogi od njih djeluju kao i encimi gušterače. Razne peptidaze cijepaju preostale peptide nastale razgradnjom proteina do aminokiselina, koje su zadnji stepen probave proteina. Maltaza pretvara maltozu u glukozu, koja se može apsorbirati. Saharaza cijepa saharozu u glukozu i fruktozu, a laktaza pretvara laktozu (mliječni šećer) u glukozu i galaktozu. Crijevna amilaza također dokončava razgradnju škroba ili dekstrina, koji se nije dospio razgraditi. Crijevna lipaza, koja je također prisutna, djeluje slično kao i lipaza gušterače. Posebni encimi sudjeluju u pretvorbama nukleinskih kiselina, kojima su naročito bogate jezgre svih stanica i koje ulaze u tijelo prvenstveno kao nukleoproteini. Njihov se proteinski dio razgrađuje poput ostalih proteina, dok se nukleinske kiseline pretvaraju u svoje komponente; pirimidin nukleozide (vidi kasnije), fosfornu kiselinu, purinske baze i ugljikohidrate, te se kao takve apsorbiraju.

Treći crijevni probavni sok — žuč — ne sadrži važne encime, ali ima dvije važne funkcije u probavi masti. Prvo, djeluje kao emulgator, a drugo, potpomaže otapanje u vodi netopivih masnih kiselina. Djelovanjem žučnih soli emulgiraju se masti, koje ulaze u crijevo i kao takve pružaju veću površinu djelovanju lipaza. Iako su više masne kiseline gotovo netopive u vodi, njihova se topivost znatno povećava u prisutnosti žučnih soli. Osim toga, žuč je također važan posrednik pri izlučivanju dvaju pigmenata, biliverdina i bilirubina, koji nastaju svakodnevnom razgradnjom hemoglobina. Žuč također svojom alkalnom reakcijom potpomaže održavanje kiselo-alkalne reakcije crijevng trakta, poznate kemičarima kao »pH«.

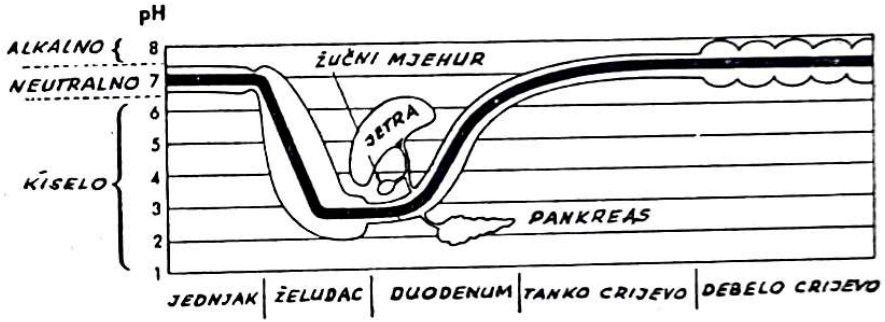
Da bi se mogla vršiti crijevna probava, mora i izlučivanje raznih probavnih sokova biti na neki način povezano s nadolaženjem hrane. Takav korelativni mehanizam doista postoji, a upravljan je sa dvije strane. Prvo, neposrednim nervnim podražajima, a drugo, stimulacijom hormona ili kemijskih agensa. Oba sistema, koja upravljaju sekrecijom, u vezi su s gušteračom. Nervni podražaji, koji nastaju prisustvom hrane u ustima, što je u vezi sa žvakanjem, stimuliraju gušteraču na izlučivanje sokova pri ulaženju hrane u crijeva. Kada djelomično probavljena hrana dospije u tanko crijevo, oslobađa se iz stijenke crijeva kemijski agens sekretin, koji ulazi u krv i, dospjevši u gušteraču, potiče sekreciju i znatno pojačava nervnu stimulaciju. Oslobađanje sekretina u tanko crijevo potpomažu i drugi spojevi kao solna kiselina (normalni proizvod želučanog izlučivanja), masti, masne kiseline, meso i škrob.

Izlučivanje crijevnog soka dvostruko je upravljano. Chyma podražuje mehanički nervne završetke u stijenkama crijeva. Nervni impulsi prenose se na žlijezde, koje onda izlučuju probavni sok. Osim toga, prisutnošću hrane u crijevima oslobađa se spoj nazvan »enterokrinin«, koji svojim kemijskim učinkom neposredno potiče žlijezde crijeva.

Jetra proizvodi stalno žuč, a količina proizvedene žuči ovisi o primanju hrane. Kod čovjeka se žuč privremeno sprema u žučnom mjehuru, odakle se izlučuje u crijevo, kada zatreba. Još nije sigurno poznato, što podražuje jetru, ali je to vjerojatno neki hormon, možda sekretin, zajedno sa žučnim solima. Produkcija žuči trebala bi biti pod utjecajem tvari, čije je središte na najaktivnijim mjestima probave u tankom crijevu i drugim odgovarajućim mjestima. Žučni mjehur periodički ispražnjuje svoj sadržaj u crijeva stezanjem svojih mišićnih stijenki. Neki podaci govore, da to stezanje upravlja holecistokinin, koji se proizvodi u stijenkama gornjeg dijela crijevnog trakta.

Reakcija (pH) u crijevu. — Kiselo-alkalni stupanj ili pH želučano-crijevnog trakta od velike je važnosti za probavu. Tako na pr. većina probavnih encima zahtijeva određeni stupanj kiselosti za maksimalnu aktivnost. Taj je stupanj za po-

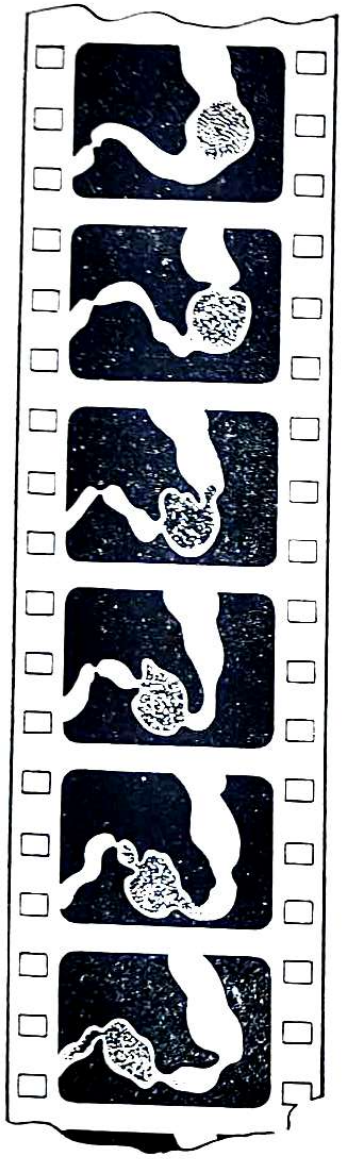
jedine encime različit. Želučani je sok vrlo kiseo (pH oko 1) zbog prisutnosti solne kiseline, dok su sok gušterače i crijevni sok, kao i žuč, alkalni. Budući da se neke sastojine apsorpcijom stalno odstranjuju iz crijeva, a isto tako varira i vrsta hrane kao i količina raznih izlučenih probavnih sokova, oče-



Hrana, dok je jedemo, ima normalno neutralnu reakciju (pH/7). U želucu postaje vrlo kisela (pH 3 ili niži), a prolaskom kroz crijeva opet postaje neutralna.

kujemo, da će biti pH različit na raznim mjestima crijevnog trakta, što on i jeste. U tankom crijevu je pH oko 5—6. Zatim slijedi progresivni pad kiselosti, sve do rektuma, gdje je pH približno neutralan ili oko 7.

Želučano-crijevna gibanja. — Želučano-crijevni trakt nikad ne miruje, već se neprestano giba. Ovo gibanje drobi hranu i miješa je s probavnim sokovima i šalje u razmacima u niže segmente trakta. Ta mišićna aktivnost najveća je u tankom crijevu, a manja u dva krajnja dijela — želucu i debelom crijevu. Razne vrste gibanja želuca nisu tako dobro poznate, kao kod ostalih dijelova probavnog kanala. Jedna od najvažnijih aktivnosti jest peristaltika želuca, dok se u njemu nalazi hrana. To je val mišićnog stezanja, koji počinje u sredini želuca i putuje prema ulazu u tanko crijevo. Po prirodi je to blago i pokretljivo stezanje, koje tjera hranjivu masu naprijed, ali ipak dovoljno, da hrana tromo prođe kroz pomaknuti prsten kontrakcije, tako da potpuno pražnjenje traje satima.



Peristaltika je val mišićne kontrakcije. Gornja slika prikazuje peristaltični val, koji tjera hranu iz želuca u dvanaesterac.

Hrana se, dakako, može pomicati i suprotno (antiperistaltika), kao kod povraćanja. Gornji dio želuca, iako ne tako aktivan kao donji, također pokazuje stanovito gibanje u vidu laganih toničnih kontrakcija. Stezanja prouzrokovana glađu jaki su peristaltični pokreti, koji obuhvaćaju čitav želudac, počevši od gornjeg dijela pa do tankog crijeva. Tanko crijevo ima stanovite točno definirane tipove pokretljivosti, koji su prilagođeni miješanju chyme s probavnim sokovima i bliskom dodiru sa stijenkama apsorpcije, kao i guranja ostataka hrane naprijed i potpomaganja snažnog priliva toka krvi i limfe u tom najvažnijem sjedištu apsorpcije hrane. Najupadljiviji oblik pokretljivosti jest peristaltika, koja počinje jakim prstenastim stezanjima, koja se brzo šire prema izlazu, združujući veće segmente kanala. Najvažnija funkcija ovog gibanja jest pokretanje mase kroz crijevni trakt dugačak oko 9 metara. To normalno traje nekoliko sati. Ali brzina kretanja hrane može biti i 10 cm po sek. Niz ovakvih peristaltičkih stezanja pod utjecajem nekih purgativa može pokrenuti tekuću hranu iz želuca do rektuma u roku od jedne minute. Normalno, hrana treba nekoliko sati, da prođe kroz tanko crijevo.

Drugi oblik gibanja jest ritmička segmentacija, u kojoj prsteni kontrakcije dijele segment hrane u ma-

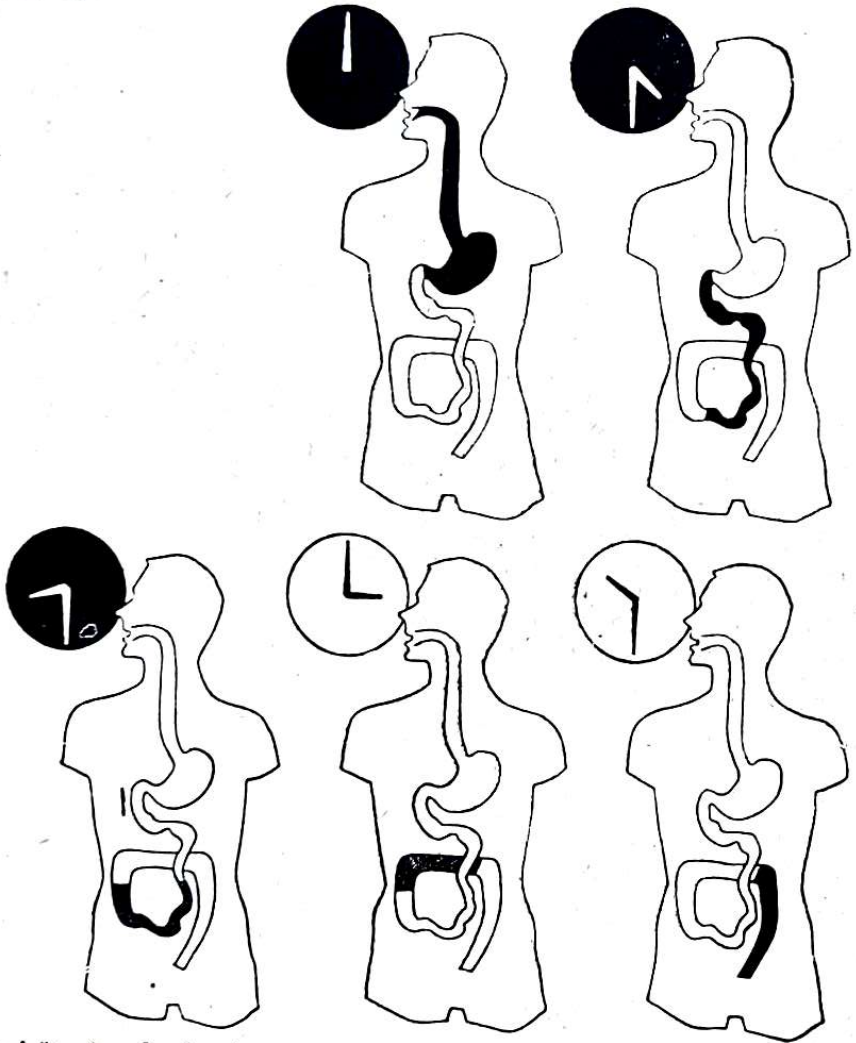
nje jedinice, što je slično miješanju. Glavna je svrha toga miješanja, da dovodi nove površine u dodir sa crijevnim stijenkama, kako bi se ubrzala apsorpcija. Slijedeći oblik jest njihajuće kretanje, koje obuhvaća samo male segmente crijeva. To je mućkanje »amo-tamo«, te je slično segmentaciji. Iako se hranjiva masa u crijevu kreće općenito dolje, prema rektumu, može se katkada desiti i obratno, kada hrana antiperistaltikom ide natrag prema ustima. To se pod normalnim okolnostima rijetko događa.

Gibanje debelog crijeva sporo je, a to je u skladu s njegovom funkcijom organa, koji služi kao privremeno spremište ostataka hrane, na koje pomalo djeluju bakterije. I kod njega su opaženi neki tipovi pokretljivosti kao peristaltika, tonična kontrakcija (slična njihajućim pokretima) i antiperistaltika. Stepen prolaženja hrane i njenih ostataka ovisi o mnogim faktorima. Pokusnim obrocima, pogodno označenim, tako da su se mogli kasnije identificirati, pokazalo se, da hrana treba, dok normalno stigne do rektuma, 16 do 24 sata, a da se sav ostatak isprazni za 24 do 28 sati.

Probava u debelom crijevu. — Sve što se ne apsorbira u tankom crijevu, pomiče se postepeno prema debelom crijevu. Sa stanovišta probave, čovjek gotovo ne bi trebao imati debelo crijevo, jer su probavni procesi praktično završeni, prije nego hrana u njega stigne. Jedna od najvažnijih funkcija debelog crijeva jest vraćanje vode, koju je sadržaj crijeva primio sekrecijom probavnih žlijezda. Kada ostaci hrane uđu u debelo crijevo, oni se postepeno dehidratiziraju. Druga funkcija debelog crijeva jest privremeno spremanje otpadnih tvari, koje stvaraju feces. Debelo crijevo ne izlučuje sokove, i tako ono malo probave, koja se ovdje vrši, predstavljaju zapravo dokončavanje procesa započetih u gornjem kanalu. Debelo crijevo izlučuje mucus, koji djeluje kao mazivo.

Polagano gibanje materijala kroz debelo crijevo (18—24 sata prema 4—6 sati) u vezi je s bakterijelnom aktivnosti. U debelom crijevu razmnožavaju se mikroorganizmi, koji sudjeluju u gnjilenju, vrenju i nekim sintezama. Kod čovjeka prevladava gnjilenje. Bakterije napadaju proteine i njihove ras-

padne produkte, koji su umakli probavi. One cijepaju do izvjesnog stupnja celulozu u jednostavnije šećere, koje tijelo iskorišćuje.

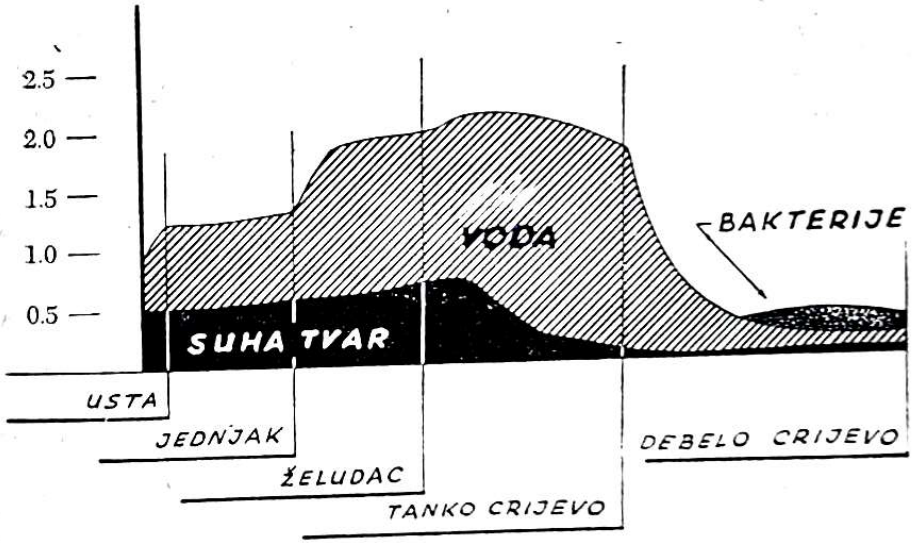


Premještanje obroka (tamno ocrtano) u razmaku od 24 sata, potrebno da hrana prođe kroz probavni kanal.

Čvrste izmetine sastavljene su od ostataka hrane, bakterija (i uginulih), ostataka probavnih sokova i stanica odljuštenih sa stijenki crijevnog trakta. Ostaci hrane sačinjavaju mnogo

manji dio izmetina, nego što se to obično misli. Masti, proteini i ugljikohidrati hrane praktično se probave i apsorbiraju, osim vlaknastog dijela, kao na pr. celuloze. Ako je hrana sadržavala vrlo malo celuloze, izmetine sadržavaju uglavnom bakterije, ostatke probavnih sokova i odljuštene stanice.

Iako vlaknasti dijelovi hrane ne predstavljaju aktivne hranjive sastojke, ipak stvaraju balast u crijevima i tako pomažu redovito ispražnjavanje. Najbolji stimulans za aktivnost debelog crijeva je voluminozni crijevni sadržaj, koji se smotan najlakše pokreće naprijed. Hrana siromašna balastom prouzrokuje zatvor.



Probavni sokovi dodaju hrani, koju smo primili, vodu i nešto suhe tvari, dok ne prođe dvanaesterac. Zatim se suha tvar brzo otopi i apsorbira u ostatku tankog crijeva. Konačno se u debelom crijevu voda apsorbira, te se dodaju i bakterijalna tijela.

Naglašavanje teške stolice može međutim dovesti do nerazumnih krajnosti, naročito kod upotrebe iritirajućih sredstava — purgativa. Voluminozna, ali blaga sredstva za čišćenje želuca, kao na pr. želei, vjerojatno su manje štetni, ali liječnici uglavnom savjetuju povjerenje u hranu i izbjegavaju liječenje purgativima. Poznato je, da neki ljudi žive danima, pa i tjed-

nima bez crijevnog gibanja, pa se ipak ne osjećaju loše. Pametni liječnik Oliver Wendell Holmes često je tvrdio, ako bi se svi purgativi bacili u ocean, nastradale bi ribe, a ne ljudi.

Probavljivost. — Pod probavljivošću podrazumijevamo više stvari: procenat apsorbiranih hranjivih sastojaka, lakoću kojom se probavljaju i samljevenost ostatka hrane nakon prolaženja kroz probavni kanal. U strogom smislu to znači procenat hrane, što ga tijelo probavi ili apsorbira. Procenat probavljivosti većine hrane prilično je visok, što protivurječi općem mišljenju. U tabeli 3 prikazane su srednje vrijednosti probavljivosti nekih vrsta obične hrane.

Upada u oči, da se sva hrana, izuzev malog dijela, ne samo probavi, nego i apsorbira. Tijelo pohlepno prima, bez obzira

Tabela 3

Prosječna procentualna vrijednost probavljivosti hrane, koju čovjek troši u mješovitim obrocima

Hrana	Proteini	Masti	Ugljikohidrati*
Hrana životinjskog porijekla	97	95	98
Žitarice i kruh	85	90	98
Suhe leguminoze (grah, i t. d.)	78	90	97
Povrće	83	90	95
Voće	85	90	98
Ukupne hranjive tvari prosječnog obroka	92	95	98

* osim celuloznih ugljikohidrata

da li treba ili ne iz crijevnog trakta sve hranjive proteine masti i ugljikohidrate. Ono, što odmah ne iskoristi, sprema uglavnom u obliku masti. To je bila odlična rezerva u doba barbarstva, kada je opskrbljivanje hranom bilo neuredno i kada su rezerve tjelesne masti bile u pravom smislu riječi zaštita protiv teških vremena. Ali u današnje moderno doba urednog opskrbljivanja naroda hranom, akumuliranje debelih slojeva masti nije poželjno, jer prouzrokuje dobivanje na težini, koje

opterećuje i nateže mišiće i srce. Međutim, tijelo ne može a da ne primi hranjive sastojke, koji su jednom ušli u probavni sistem. To može postići samo čovjek svijesnom voljom, prije nego što hrana uđe u usta.

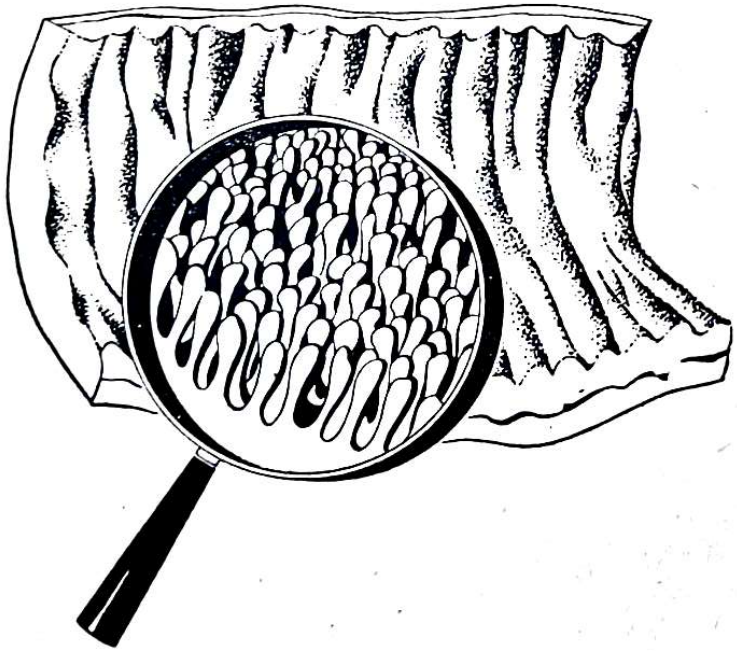
Proteini biljne hrane općenito su slabije probavljivi nego proteini životinjske hrane, jer vlaknaste stanične stijenke biljaka djelomično opkoljavaju i zaštićuju biljne proteine od probave. Masti većine hrane vrlo su probavljive, što je čudno za one, koji su čuli, da su masti teško probavljive. Isto tako su i ugljikohidrati (škrob i šećer) vrlo probavljivi. Ugljikohidrati kao celuloza, hemiceluloza i srodna supstanca lignin, mnogo su slabije probavljivi u čovječjem sistemu, a u nekim slučajevima gotovo neprobavljivi.

Pretpostavka o neprobavljivosti hrane vjerojatno se više odnosi na brzinu probave nego na potpunost. Utisak lake probave odnosi se na vremenski razmak, u kojem hrana ostaje u želucu. Pored ostalih, na taj vremenski faktor utječe naročito mast. Našlo se na pr., da kora pite nije teško probavljiva, ali ostaje u želucu dulje vremena, jer sadrži mast. To produžava osjećaj sitosti. Hrana, koja brzo prolazi kroz želudac, kao voćni sokovi, pudinzi, slatkiši, ribe, kruh i kaše, smatra se lako probavljivom. Hrana, koja polaganije prolazi kroz želudac, jest maslac, margarin, orasi, pačetina, govedina, teletina, svinjetina, slanina i kolači. Za tu se hranu smatra da »sjeda na želudac«.

APSORPCIJA I TRANSPORT

Hrana i njeni produkti pri probavnoj razgradnji nisu, strogo uzevši, dijelovi tijela, jer su još uvijek u želučano-crijevnom traktu. Oni to postaju samo kada pođu kroz crijevnu stijenku procesom apsorpcije. Različite apsorbirane sastojke prima bilo krvotok ili limfa, i prenosi ih tkivima tijela, za njihove specifične potrebe. Sve što se nalazi u želučanom traktu nije podesno za apsorpciju. Hrana se uopće ne apsorbira u ustima i jednjaku, iako mogu stanovite supstance apsorbirati i membrane ispod jezika. Pod normalnim je okolnostima ap-

sorpcija u želucu vrlo ograničena. Hrana tu većim dijelom još nije sposobna za apsorpciju. Proteini su razgrađeni samo do peptida, isto tako su još slabo razgrađene masti, a probava ugljikohidrata tek počinje. Želudac može apsorbirati vodu, ali pod normalnim okolnostima ona ostaje kratko vrijeme u želucu. Dokazalo se, da se u želucu vrši ograničena apsorpcija glukoze, željeza i nekih droga, uključujući alkohol. Međutim glavno sjedište apsorbcije kao i probave jest tanko crijevo.



Crijevne resice, koje pokrivaju crijevo, slične su resama vunenog pokrivača, te čine crijevnu sluznicu baršunastom.

Debelo crijevo ima ograničenu funkciju kao organ apsorpcije, osim na samom početku, gdje se vrši apsorpcija vode.

Površina apsorpcije. — Sluzava membrana, koja pokriva tanko crijevo, vrlo je prikladna za apsorpciju, te predstavlja primarno poprište tog procesa. Površnim opažanjima izgleda da crijevo dugačko 9 m nema veliku površinu. Pomnije ispitivanje otkriva, da ta površina nije glatka nego izbrazdana u

obliku mikroskopskih, prstima sličnih resica, koje naliče na čuperke vunenog pokrivača. Ta struktura povećava apsorptivnu površinu za 17 do 18 puta, i tvori površinu od oko 10 m^2. Oko 5 milijuna resica sačinjavaju jedinice apsorpcije tankog crijeva. Svaka je resica pokrivena tankom membranom i sadrži sitne krvne i limfne sudove, koji transportiraju hranjive sastojke, te mišićne stanice, koje vrše blago pumpanje.

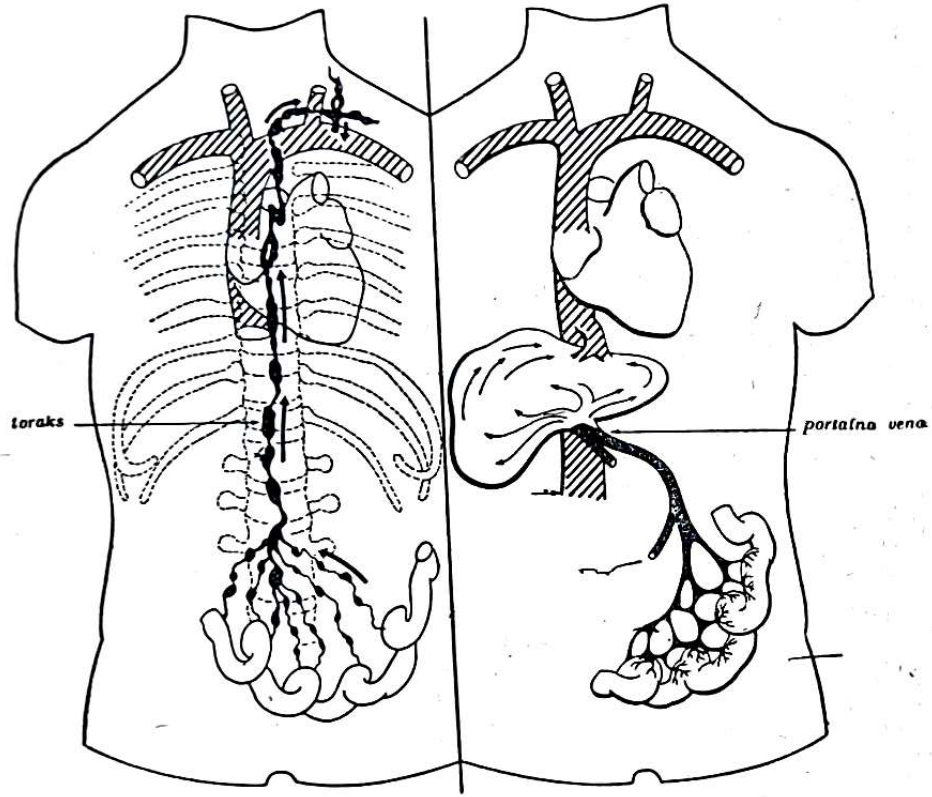
Krvni sistem tankog crijeva povezan je s krvnim tokom putem portalne vene, koja ulazi direktno u jetru. To znači, da je jetra prvo prihvatilište hranjivih sastojaka, koji se tu preoblikuju, prije nego uđu u ostale dijelove tijela. Limfne cjevčice resicâ slijevaju se u široki limfotok, čiji se sadržaj izlijeva u krvotok tik prije ulaska u srce. Razgradni produkti proteina i ugljikohidrata, voda i razne soli prenose se većinom krvlju, dok se masti prenose uglavnom limfnim sistemom direktno u krvotok.

Mehanizam apsorpcije. — Zamršenost mehanizma apsorpcije dugo je pobuđivala interes, te su se vršila istraživanja, ali se malo postiglo. Apsorpcija se tumačila potpuno u smislu fizikalno-kemijskih procesa — difuzije, osmoze, topivosti i električnih svojstava, te iako je sigurno, da ti procesi igraju važnu ulogu u apsorpciji, ipak su i dalje ostale velike pukotine u poznavanju tog procesa. Apsorpcija je ovisna o stanovitim staničnim svojstvima, koja još nisu potpuno razjašnjenja u okviru poznatih fizikalno-kemijskih zakona.

Difuzija je polagani automatski prirodni proces, kojim se u nekoj posudi jednoliko miješaju plinovi ili tekućine. Ako se kristal bakrenog sulfata stavi u čašu vode i pusti da stoji, sadržaj čaše postepeno poplavi. Osnova tog mehanizma leži u neprestanom i besciljnom kretanju molekula, u tom slučaju bakrenog sulfata, što dovodi do sve bržeg prelaženja iz mjesta više koncentracije na mjesta niže koncentracije.

Želimo li prikazati proces osmoze, koji predstavlja slično kretanje molekule vode s mjesta više koncentracije otopljene tvari na mjesta niže koncentracije, treba da uzmemo stanoviti tip membrane ili pregrade između otopina raznih koncentracija.

Ako je ta membrana polupropusna, jedna komponenta otopine, recimo voda, prodire s više koncentracije na nižu. Time se ukratko stvara osmotski tok, koji vrši stanoviti pritisak, t. zv. »osmotski pritisak«. Kod selektivnog tipa membrane, koji



Probavljene tvari ostavljaju tanko crijevo putem limfe (masti) ili putem krvi (ugljikohidrati, proteini). Limfa prolazi kroz ductus thoracicus i ulijeva se u vratnu venu, krv prolazi kroz jetra portalnom venom.

dopušta prolaz samo stanovitih tvari, može se postići selektivni prolaz pojedinih tvari kroz membranu. Osmoza postoji i u crijevnoj membrani. Ova teorija o otopinama također je bila uzeta u obzir u objašnjavanju slučajeva masnih sastojina, koje nisu topive u vodi. Prema toj teoriji, masne se sastojine zapravo otapaju u stijenkama stanovitih stanica i kroz njih prolaze u same stanice.

Slijedeći faktor, za koji se misli da igra ulogu u apsorpciji, jest međucrijevni pritisak. Periodično stezanje crijevnog trakta povećava pritisak na pojedinim mjestima i tjera molekule kroz stanične stijenke resica. I same se mikroskopske resice gibaju uslijed stezanja i popuštanja mišićnih stijenki. Stoga djeluju slično pumpi, crpući molekule iz crijevnog trakta u krv ili limfatski sistem resica.

Jednostavnim se fizikalno-kemijskim zakonima ne može potpuno objasniti apsorpcija. Iz nepoznatog je razloga stupanj apsorpcije često neovisan o koncentraciji hranjivih sastojaka u crijevnom traktu. Tako se apsorpcija može vršiti i kada je osmotski pritisak bilo veći ili manji od onog u krvi. Slijedeći fenomen, koji će se moći objasniti tek savršenijom fizikalnom kemijom, jest selektivna apsorpcija supstanca. Te favorizirane supstance naročito su važne u metabolizmu, što jasno pokazuje različita brzina apsorpcije pojedinih jednostavnih šećera. Brza apsorpcija glukoze, na pr., može se objasniti samo njenim encimatskim vezivanjem sa fosfatom. Stanoviti mineralni elementi također se apsorbiraju različitom brzinom, što je također samo djelomično objašnjeno. Vitamin D pomaže apsorpciju kalcija i fosfata. Soli kao magnezijum i natrijev sulfat apsorbiraju se polaganije nego natrijev klorid. Te soli prouzrokuju ulaženje vode iz tjelesnih sokova u crijevni trakt, što uzgred objašnjava njihovo purgativno djelovanje. Selektivna apsorpcija pokazuje, da stanice crijevnog trakta aktivno učestvuju u procesu i nisu samo pasivni filteri. One mogu vršiti znatan rad, jer su opskrbljene energijom vlastitog metabolizma, kojom tjeraju neke molekule čak od niže koncentracije ka višoj.

Apsorpcija ugljikohidrata. — Ugljikohidrati se probavljaju do jednostavnih šećera (glukoze, fruktoze i galaktoze), koji se mogu apsorbirati. Apsorpcija se vrši posebnom aktivnošću crijevne membrane i difuzije. Taj dvojni mehanizam služi brzoj apsorpciji, te je većinom neovisan o koncentraciji šećera u crijevnom traktu.

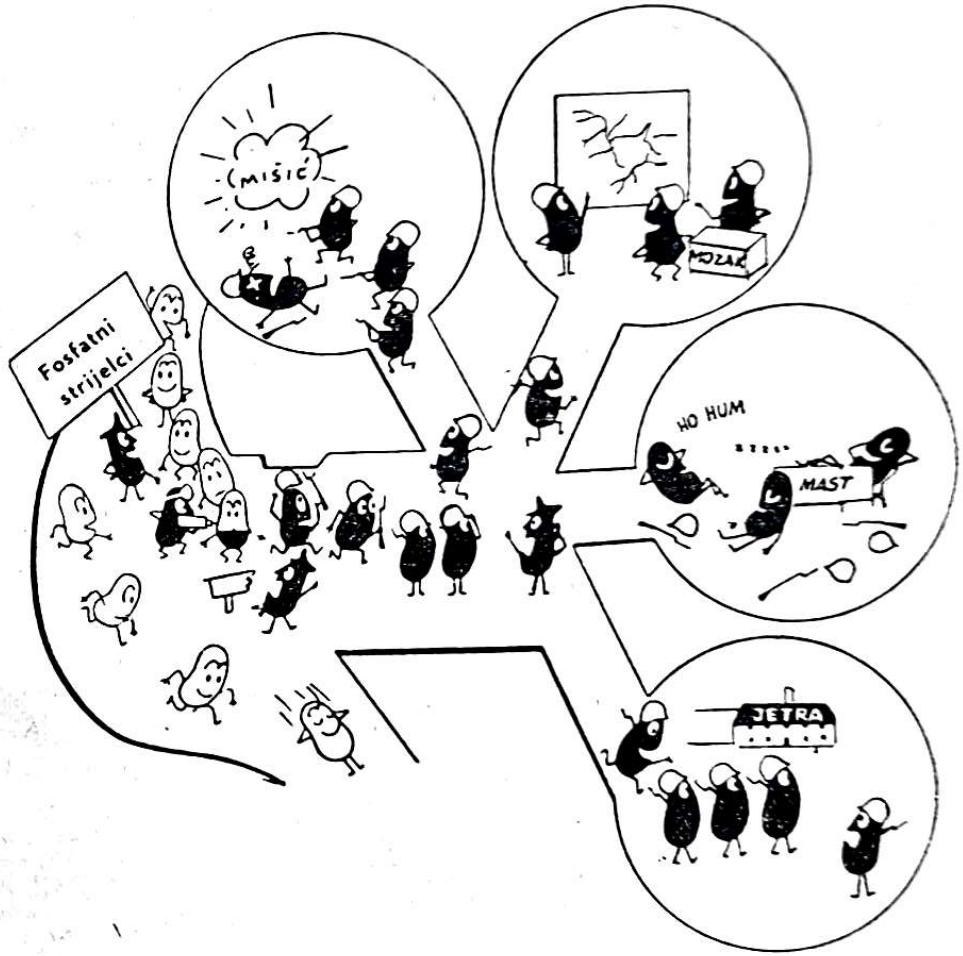
Pri tome je povoljan faktor mehanizam fosforilacije, kojim se jednostavni šećeri spajaju sa fosfornom kiselinom u površin-

skim stanicama resica. Brzina apsorpcije glukoze, galaktoze i fruktoze znatno se razlikuje i vjerojatno ovisi o stupnju fosforilacije pojedinih šećera. Najlakše se apsorbira galaktoza, nešto teže glukoza, a najteže fruktoza. Sva tri šećera ulaze brzo u jetra putem krvnog sistema, i tu se podvrgavaju daljim promjenama. Većina galaktoze i fruktoze pretvara se u glukozu. Nešto glukoze pretvara se u glikogen jetre, koji tu ostaje kao privremena rezerva glukoze, sposobna da se ponovno pretvori u glukozu, kada se njena koncentracija u krvi snizi. Nešto glukoze prolazi kroz jetru, te se neposredno upotrebi kao gorivo ili se ugrađuje u mišićni glikogen, koji predstavlja spremište mišićnog goriva. Jedan se dio glukoze također ugrađuje u tjelesnu mast.

Manje količine drugih jednostavnih ugljikohidrata upotrebljavaju se u specijalne svrhe. Tako na pr. galaktoza služi za izgradnju galaktolipoida, nervnog sistema, a pentoze za stvaranje nukleoproteina.

Apsorpcija proteina. — Kao što je već prije bilo rečeno, proteini se ne apsorbiraju kao takvi, nego obično u obliku razgradnih produkata — proteina — aminokiselina. Te su kiseline topive u vodi i prolaze kroz stijenku crijeva uglavnom difuzijom. Apsorbirane aminokiseline transportiraju se većinom putem krvi, iako može mali dio primiti i limfni sistem, koji zatim ulazi u krvotok. Kao i kod ugljikohidrata, krv, krcata aminokiselinama, ulazi u jetru, gdje nastaju dalje promjene. O detaljima djelovanja jetre na aminokiseline raspravljat ćemo u slijedećim poglavljima. Aminokiseline, koje izlaze iz jetre, ulaze u stanice tijela, gdje se troše. Stanice ih prvenstveno upotrebljavaju za proteinske sinteze, izgradnju novih tkiva, za nadomještavanje onih proteinskih dijelova, koji su se uništili trošenjem tkiva, i za stvaranje raznih encina i hormona. Aminokiseline, koje ostaju u suvišku iza podmirenja tih neposrednih potreba, upotrebljavaju se u druge svrhe. U jetri, bubrezima i drugim tkivima odcjepljuje se od njih amino-grupa, te nastaje amonijak, koji se obično spaja sa CO_2 i stvara ureu, koja se izlučuje mokraćom. Ostatak molekule aminokiseline može se upotrijebiti direktno kao gorivo

ili pretvoriti u glukozu i kao takav ući u spremište ugljikohidrata tijela.



Kod apsorpcije glukoza se spaja s fosfatom. Apsorbirani šećer može ući odmah na mjesta spaljivanja (glukoza kao mišićni pogonski materijal), ili može poslužiti umnim sposobnostima (galaktoza se ugrađuje u mozak), ili se može prenijeti u drugo odjeljenje (pretvorba u mast), ili ući kao rezerva (glikogen u jetri).

Vrlo je interesantno pitanje apsorpcije netaknutih molekula proteina. Postoje dokazi, da se to dešava pod stanovitim okolnostima, ali samo do ograničenog stepena. Tako apsorbirane

molekule proteina izlučuju se obično iz tijela, jer ih tijelo gotovo ne upotrebljava, uđu li neke od njih u krvni tok. One mogu biti čak direktno toksične, ili prouzrokovati anafilaktični »šok«, katkada sa teškim posljedicama. Ulaskom netaknutih stranih proteina u tijelo tumače se i razni oblici alergije. Oni se mogu apsorbirati i putem respiratornih prolaza. Međutim kod nekih životinja može biti i ulaz netaknutih proteina kroz crijevnu stijenku od koristi. Tele se, na pr., oteli s manjkom globulina u krvi. Taj je protein izvor antitijela, koja se bore protiv bakterija, i tako je mlado tele izloženo infekciji, dok god tijelo ne izgradi ovu važnu sastojinu. Životinja dobiva privremeni imunitet, jer globulin, kojeg ima obilno u kolostrumu, prolazi kroz crijevne stijenke, koje su, izgleda, u to vrijeme naročito propusne, te se tako brzo stvara rezerva tog proteina u telećoj krvi. Pravi aktivni imunitet nastaje razvitkom mikroorganizama unutar tijela poslije infekcije i prisutnošću njihovih proteina u krvi i defenzivnom reakcijom tijela, koje stvara odgovarajuća antitijela.

Apsorpcija masti. — O mehanizmu apsorpcije masti mišljenja se još uvijek razilaze. Tu postoje neki problemi, kojih nema kod apsorpcije ugljikohidrata i razgradnih produkata proteina. Glicerinska frakcija probavljene masti topiva je u vodi i ne predstavlja naročite poteškoće. Ali nas zbunjuje, da ni masti, ni masne kiseline, koje nastaju tokom probave, nisu topive u vodi.

Prema starijoj teoriji o apsorpciji masti, one se cijepaju u odgovarajuće više masne kiseline i glicerin. Otapanje tih masnih kiselina u vodenom mediju tankog crijeva olakšano je žučnim solima, koje u spoju s masnim kiselinama daju spojeve topive u vodi. Poznato je, da poremećaji izlučivanja žuči sprečavaju apsorpciju masnih kiselina i prouzrokuju njihovo izlučivanje s izmetinama. Masne kiseline spojene sa žučnim solima prolaze na neki način stanice crijevnih stijenki zajedno s glicerinom. U tim se stanicama masne kiseline i glicerin opet spajaju u prave masti, koje imaju nešto različitija svojstva od originalnih masti iz hrane. Male globule tih novih masti ulaze u limfu resica, koja utječe u limfni tok. Žučne soli, koje se

oslobađaju poslije apsorpcije iz masnih kiselina, prima krv i nosi ih u jetru, odakle se opet izlučuju u žuč. Te žučne soli djeluju također kao stimulans za proizvodnju žuči u jetri, i zbog toga su sastavni dio mehanizma, koji upravlja probavom i apsorpcijom.

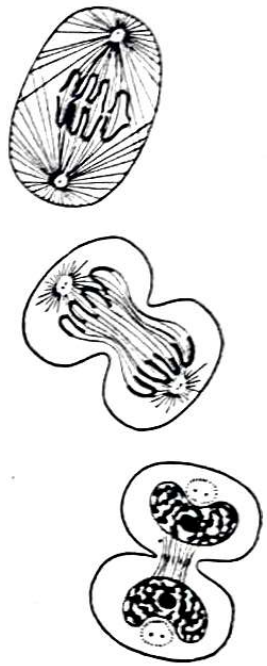
Pretpostavka, da se barem neke masti iz hrane apsorbiraju kao takve, nije bez osnove. Dokazalo se, da se masti dispergirane u vrlo finu emulziju, mogu kao takve apsorbirati. Ali pod normalnim okolnostima žučne soli crijevnog trakta ne mogu tako fino dispergirati mast, i tako je malo vjerojatno, da se mast apsorbira u toj formi. Ta je dilema barem djelomično riješena pokusom, kojim se pokazalo, da smjesa žuči, slobodnih masnih kiselina i monogliceride može raspršiti mast do stepena, koji omogućava apsorpciju. Teorija o apsorpciji netaknutih masti zato ne poriče cijepanje masti tokom probave, već, štaviše, smatra ovo cijepanje kao glavni dio apsorpcionog mehanizma. Evo kratkog pregleda te »podjelne« teorije apsorpcije masti: masna hrana probavlja se do slobodnih masnih kiselina i glicerina. Ti razgradni produkti zajedno sa žučnim solima omogućuju finu emulzifikaciju netaknutih masti, koje se onda kao takve apsorbiraju i transportiraju limfnim sistemom. U skladu s ovom teorijom, spoj masne kiseline + žučne soli ne ide u limfni sistem, nego direktno u krv, a zatim u jetru. Dokazalo se, da se četvrtina do trećina masti cijepa, a ostatak se apsorbira kao nehidrolizirana mast.

Apsorbiranu mast može tijelo odmah upotrijebiti za izgradnju protoplazme novih stanica ili za održavanje starih stanica ili kao gorivo. Suvišak masti može se spremiti u raznim dijelovima tijela u obliku masnog tkiva, koje se troši kad to zatreba. Popratne ilustracije prikazuju probavu, apsorpciju i transport masti u svijetlu navedenih teorija.

Apsorpcija minerala. — Zbog nepotpunog znanja, danas je još teško uopćavati mehanizam apsorpcije mineralnih tvari. Anorganske spojeve, obično soli, tijelo ne mora probavljati, jer su spremni za apsorpciju, te neki od njih brzo prolaze crijevnu stijenku. Mineralni atomi, koji su u hrani spojeni s organskim tvarima, odcjepljuju se od njih tokom probave i

lako apsorbiraju. Većina se minerala pod normalnim uslovima nalazi u organskim spojevima. Neko se vrijeme pogrešno mislilo, da tijelo može iskoristiti samo mineralne elemente u organskoj formi. Suprotno tome, anorganski su oblici minerala isto tako podesni za apsorpciju, kao i vezani oblici, a u nekim slučajevima čak i podesniji. Željezo željeznog sulfata, na pr., pristupačnije je nego željezo hemoglobina.

Poznato je, da je stupanj apsorpcije raznih mineralnih elemenata različit. Crijevni trakt prima brzo elemente kao što su natrij, kalij, klor, dok fosfor i magnezij apsorbira polaganije. Učinak purgativnog djelovanja magnezijeva sulfata (gorke soli) u vezi je s niskim stupnjem apsorpcije, a to ima za posljedicu osmotsko prodiranje vode u crijeva. U nekim je slučajevima brzina apsorpcije minerala ovisna o kemijskom stanju. Tako se, na pr., željezo barem kod čovjeka brže apsorbira u reduciranoj formi (fero) nego u oksidiranoj (feri). Na brzinu apsorpcije nekih elemenata utječe i prisutnost nekog drugog elementa. Na pr., veliki suvišak fosfata sprečava apsorpciju kalcija, što je razumljivo, jer je kalcijev fosfat netopiv. Da apsorpcija nekih minerala nije samo pod utjecajem jednostavnih fizikalno-kemijskih zakona, pokazuje primjer apsorpcije željeza. Crijevni trakt može u svakom času regulirati apsorpciju željeza u vezi s tjelesnim potrebama. Ako su potrebe za željezom velike, apsorpcija se povećava, i obratno. Mehanizam tog djelovanja vjerojatno je slijedeći: uzimanje željeza s hranom prouzrokuje unutar stijenke povećanje koncentracije proteina, koji se zove »apoferitin«, a koji sa željezom stvara feritin. Feritin je uravnotežen s tjelesnim rezervama željeza, te u slučaju pomanjkanja željeza u tijelu propušta željezo u krvotok. Ako ima dovoljno rezerve željeza, on sprečava apsorpciju željeza, te se ono onda izlučuje. Mineralni elementi, jednom apsorbirani bilo slobodni ili vezani s organskim molekulama, transportiraju se uglavnom krvlju u razne stanice tijela, koje ih primaju i troše.



ČETVRTO POGLAVLJE

Procesi u organima i stanicama

Hrana se može smatrati sastavnim dijelom tijela, kada je probavljena, njeni sastojci apsorbirani i prihvaćeni krvlju i limfom, pa je tek onda upotrebljiva za izgradnju ili kao izvor energije. Tako se različiti sastojci hrane probavnim reakcijama razgrađuju u kraće nizove jednostavnih sastojaka: aminokiseline, glukozu, masne kiseline, glicerin, minerale, vitamine i neke druge.

Prije nego se te tvari mogu upotrijebiti za izgradnju i energetske svrhe, moraju proći dalje procese kemijskih promjena. Molekule, koje služe kao pogonski materijal, reduciraju se i mijenjaju kemijske osebine, kako bi mogle postepeno osloba-

đati toplinu ili energiju, a ne u brzom i potpunom sagorijevanju. Tvari pak, koje služe za izgradnju, moraju se kemijski tako oblikovati, da mogu brzo reagirati i stvarati strukturne dijelove tijela. Uporedimo to opet s drvenim materijalom za gradnju kuće: drvo mora biti sječeno po dužini, poravnano, spojeno pod pravim kutom ili ugrađeno u potpornje ili okvire, tako da se svaki komad može po planu umetnuti u određeno mjesto i tu pričvrstiti.

Ti kemijski procesi odvijaju se u raznim dijelovima tijela, obično u organima naročito podešenim za tu svrhu i u visoko specijaliziranim stanicama i dijelovima stanica. Tu je izlaganje otežano, jer je mnogo toga otkriveno tek najnovijim istraživanjima, te se ne može naći u svim udžbenicima. S toga stanovišta to više nije neposredno izlaganje utvrđenog znanja, kao što je to bio slučaj kod reakcija probave, već iznošenje naučnih gledišta i najnovijih dokaza. Često su to samo tumačenja ili teorije, od kojih ni jedna sama za sebe nije točna, ali u datom slučaju mogu biti obadvije djelomično točne. To znači, da u sadašnjem znanju ima elemenata nesigurnosti, tako da se moraju iznijeti mnogi detalji, a nepoznati faktori istaknuti. Uza sve to, utvrđeno znanje o kemiji tijela prilično je veliko i vrijedno za nauku o prehrani.

Opširne pretpostavke o načinu, na koji hrana služi tijelu, prošle su značajnu evoluciju, kojoj se kraj još ne može potpuno nazrijeti. Klasična opažanja Lavoisiera o gorenju brzo su dovela do mišljenja, da je živi organizam sličan gorućoj svijeći i da su životni procesi zapravo niz oksidacijskih reakcija, koje se zbivaju kod niskih temperatura. S razvitkom termodinamike to se mišljenje proširuje, te se životinjsko tijelo uspoređuje sa strojem, u kojem se vrši sagorijevanje. Hrana predstavlja gorivo, a organi pokretne dijelove stroja. Kada se kasnije ustanovilo, da je tijelo vrlo osjetljivo na kvalitet hrane, razvilo se važno područje o ulozi vitamina, tipovima aminokiselina i raznih minerala. Nadalje je bilo otkriveno, da organi tijela nisu ni iz bliza tako nepromjenljivi, kao što su to pokretni dijelovi stroja. Došlo se do saznanja, da su sva tkiva u stanju stalne aktivnosti i kretanja, te da brzo nadomještaju i obnavljaju svoje stanice i molekule. U ovom ćemo dakle poglavlju dalje razraditi teoriju o dinamičnom stanju tjelesnih sastojaka.

Pretvorbe od apsorpcije do stanja upotrebljivosti obično se nazivaju »intermediarni metabolizam«, za razliku od »sveopćeg metabolizma«, u kojem se jednostavnim ispitivanjem ravnoteže mjeri primanje i izlučivanje raznih sastojaka. Takav je primjer ravnoteža dušika, u kojoj se određuje ukupni dušik primljen s hranom i onaj, koji izlazi iz tijela u obliku izmetina i mokraće. Ako je razlika između primanja i izlučivanja dušika pozitivna, ona predstavlja dušik, koji je ostao u tijelu i koji je tijelo upotrijebilo. Međutim, studijama sveopćeg metabolizma dušika ništa ne doznajemo o promjenama, što su ih pretrpjele dušične sastojine unutar tijela.

Studije intermedijarnog metabolizma su prodornije i traže složenije i savršenije metode istraživanja. Živi organizam vrlo je osjetljiv, i istraživanja na živo nije lako provesti. Drastične metode pokusa nespojive su s normalnim funkcijama tijela ili sa samim životom. Osim toga, mnoge intermediarne sastojine, koje trebamo istražiti, tako su prolazne, da se odmah nakon stvaranja mijenjaju u druge. Zato se moramo poslužiti posrednim metodama. U mnogim slučajevima prilazimo problemima intermedijarnog metabolizma indirektno usvajajući dokaze, koji su ovisni o prilikama. U nekim su slučajevima, na pr., moguća direktna istraživanja upotrebom izotopa.

TEHNIKA ISTRAŽIVANJA

Za istraživanja složenosti metabolizma služimo se raznim metodama. Obično ni jedna od njih nije savršena. Istaknut ćemo neke važnije, koje se upotrebljavaju u novije vrijeme. Analiza krvi najstarija je metoda, koja je danas usavršena novijim mikrokemijskim metodama, tako da se mogu analizirati razni sastojci u sasvim malim uzorcima. Tako je po jednoj metodi dovoljno 0,3 mililitra (oko 3 kapi) uzorka, da se u krvi ispita šest sastojina: hemoglobin, askorbinska kiselina, vitamin A, karotini (preteče vitamina A), riboflavin i aktiv-

nost fosfataze (encim). Tako mali uzorci mogu se uzimati u čestim razmacima sa vrška prsta i tako pratiti brze promjene u koncentraciji raznih sastojina. Analize krvi naročito su važne, kada se analizira krv, koja ulazi u organ, i ona, koja ga napušta. Na taj se način može dobiti slika o tome, koji se sastojci i u kojim količinama razgrađuju ili stvaraju u tim organima. Ta je metoda na pr. najpodesnija pri određivanju, koje sastojine treba mliječna žlijezda za sintezu mlijeka. Isto se tako analizom krvi od probavnog trakta do jetre može ustanoviti, koji se sastojci i u kojim količinama apsorbiraju u traktu.

Korak naprijed, koji daje više slobode istraživaču, jest metoda perfuzije, kojom se organ ili žlijezda izvadi iz životinje i održava na životu pomoću »sintetske krvi«. Njome se organ opskrbljuje potrebnim sastojinama, koje se mogu po volji mijenjati, kako bi se ispitale kemijske sastojine, koje ulaze u organ. Analize hranjive otopine ili umjetne krvi prije ulaska u izolirani, ali živi organ, i poslije izlaska, otkrile su u mnogim slučajevima točne kemijske funkcije takva organa.

Slijedeća važna metoda jest analiza tkiva, naročito ako se tkivo za vrijeme proučavanja stavi u bocu, koja sadrži hranjivu tekućinu. Pod pogodnim okolnostima ovo tkivo, premda rasječeno ili čak zgnječeno, nastavlja život i izmjenu tvari. Dodavanjem stanovitih poznatih sastojina hranjivom mediju mogu se odrediti promjene, koje nastaju u organu tokom metabolizma. Ta metoda ima izvjesnih nedostataka, jer je očito, da ti izolirani dijelovi nisu sasvim normalni, te se može dobiti krivi utisak, ukoliko drugi dokazi ne potvrde isto.

Vrlo korisna modifikacija te metode, koja se sve više upotrebljava, jest t. zv. diopsija tkiva. Po toj metodi vade se dijelovi živih organa ili tkiva, katkada u podesno izabranim vremenskim razmacima, te se analiziraju kemijskim ili kojim drugim načinom. Danas već postoje pogodni instrumenti, kojima se može izvaditi na pr. uzorak jetre iz životinja i ljudi s malim rizikom povrede. To je dragocjen pronalazak za ispitivanje, što se u jetri događa, jer je jetra sjedište vrlo aktivnog intermedijarnog metabolizma. Najbolje rezultate u istraživa-

nju ovih prikrivenih kemijskih promjena daje nova metoda, koja se služi izotopima kemijskih elemenata, koji su danas već pristupačni. Karakteristično je za izotope, da su to atomi općih elemenata kao ugljika, vodika, kisika, dušika, fosfora, sumpora i natrija, kemijski identični s običnim atomima i da se samo fizikalno razlikuju po težini ili, još bolje, po zračenju karakterističnih zraka, koje se mogu lako mjeriti i identificirati. Atomi izotopa sudjeluju kao i obični atomi u fiziološkim reakcijama tijela, ali se za razliku od njih mogu odrediti u malim količinama. Oni na neki način obilježavaju molekule, u kojima se nalaze, a to omogućuje uspješno ispitivanje metabolitskih reakcija. Za biologiju je jedna od najvećih zasluga nove nauke o nuklearnoj fizici, proizvodnja radioaktivnih izotopa u velikim atomskim pećima Komisije za atomsku energiju u Oak Ridgeu (savezna država Tennesse), i njihovo odašiljanje u laboratorije svijeta.

Sa nekoliko primjera ilustrirat ćemo principe istraživanja pomoću izotopa. Prvi pristupačni izotop bio je izotop vodika, čija je atomska težina dvostruko veća od atoma običnog vodika. Općenito je poznat kao »teški vodik«, točnije kao »deuterium«. Dolazi pomiješan u malim količinama s običnim vodicima, a kao oksid u svim vodama, iz kojih je izlučen davno prije otkrića i proizvodnje izotopa.

Deuterium može vjerojatno nadomjestiti obični vodik u spojevima, a da tijelo ne osjeti tu zamjenu. Samo ih istraživač može prepoznati. U tim pionirskim istraživanjima bio je otkriven niz osnovnih prethodno neslučenih činjenica. Deuterium je bio uveden u palmitinsku kiselinu, jednu od najraširenijih masnih kiselina u mastima, tako da se 22% običnog vodika u njihovim molekulama zamijenilo deuteriumom. Taj izotopima obilježeni spoj davali su osam dana štakorima za hranu, pa su ih potom ubili, a njihove masne sastojine izolirali. Analizom tih masnih frakcija pronađen je deuterium u mnogim masnim kiselinama, drukčijim od palmitinske. To znači, da je tijelo pretvorilo palmitinsku kiselinu u druge masne kiseline. Između ostalih, stvorile su se stearinska, miristinska, laurinska, palmitooleinska i oleinska kiselina. Osim toga

našle su se velike količine netaknutih i izotopima obilježenih palmitinskih kiselina, što pokazuje, da neke od tih kiselina ulaze u rezervu nepromijenjene.

Istim studijama dobili su se i drugi podaci, koji govore u prilog dinamičnog, a ne statičnog stanja tkiva. Tjelesna težina tih štakora ostala je stalna tokom hranjenja izotopima. Budući da je samo 44% izotopom obilježene palmitinske kiseline nađeno u masnim rezervama uglavnom kao adipozno tkivo, znači, da je slična količina masnih kiselina morala ostaviti ova masna spremišta i ući u tjelesnu rezervu hranjivih sastojaka za vrijeme pokusa. Rezerve masti dakle su se trošile, iako su te životinje bile dobro hranjene. Tokom ovih ispitivanja mislilo se, da je adipozno tkivo spremište goriva, koje ostaje netaknuto, dokle god ne zatreba energija. Ovaj novi podatak, zajedno s drugim istraživanjima, potvrđuje današnje mišljenje o dinamičnom stanju u svim tjelesnim tkivima, koja se stalno troše i obnavljaju, čak i kod onih tkiva, za koja se prije mislilo da su relativno neaktivna kao na pr. masno tkivo, kosti i mišićne tetive.

Schoenheimer je napisao: »Masne kiseline treba smatrati kao stalno pokretljive... od organa do organa... Poslije apsorpcije masti, masne kiseline iz hrane poniru u one iz rezerve i tako čine mješavinu, čije porijeklo ne možemo prepoznati. Dio oslobođenih kiselina pretvara se u druge, a nove se stalno stvaraju kondenzacijom malih molekula, koje potječu od drugih supstanca. Nešto se od rezerva kiselina degradira, a neke ponovno stvaraju esterske vezove i regeneriraju mast, koja se ponovno transportira natrag u spremište. Sve te složene reakcije tako su uravnotežene, da je ukupna količina i sastav masnih mješavina u rezervi, krvi i organima konstantna (ako je težina hranjene životinje ostala konstantnom). Pokušamo li sumirati rezultate rada s izotopima na mastima, moramo zaključiti, da su masti normalnog životinjskog tijela, bez obzira na kvalitativnu i kvantitativnu konstantnost, u stanju brzog mijenjanja.«

Slijedeći primjer ilustrirat će nam upotrebu radioaktivnih izotopa u označavanju metabolitskih promjena na pr. jedne

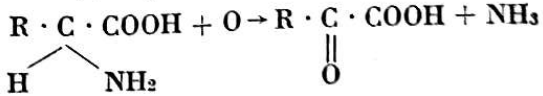
aminokiseline. Niz podataka nagovještavao je, da amonijak (NH_3) može u tijelu reagirati s drugim spojevima (ketokiselinama) i stvarati korisne aminokiseline.

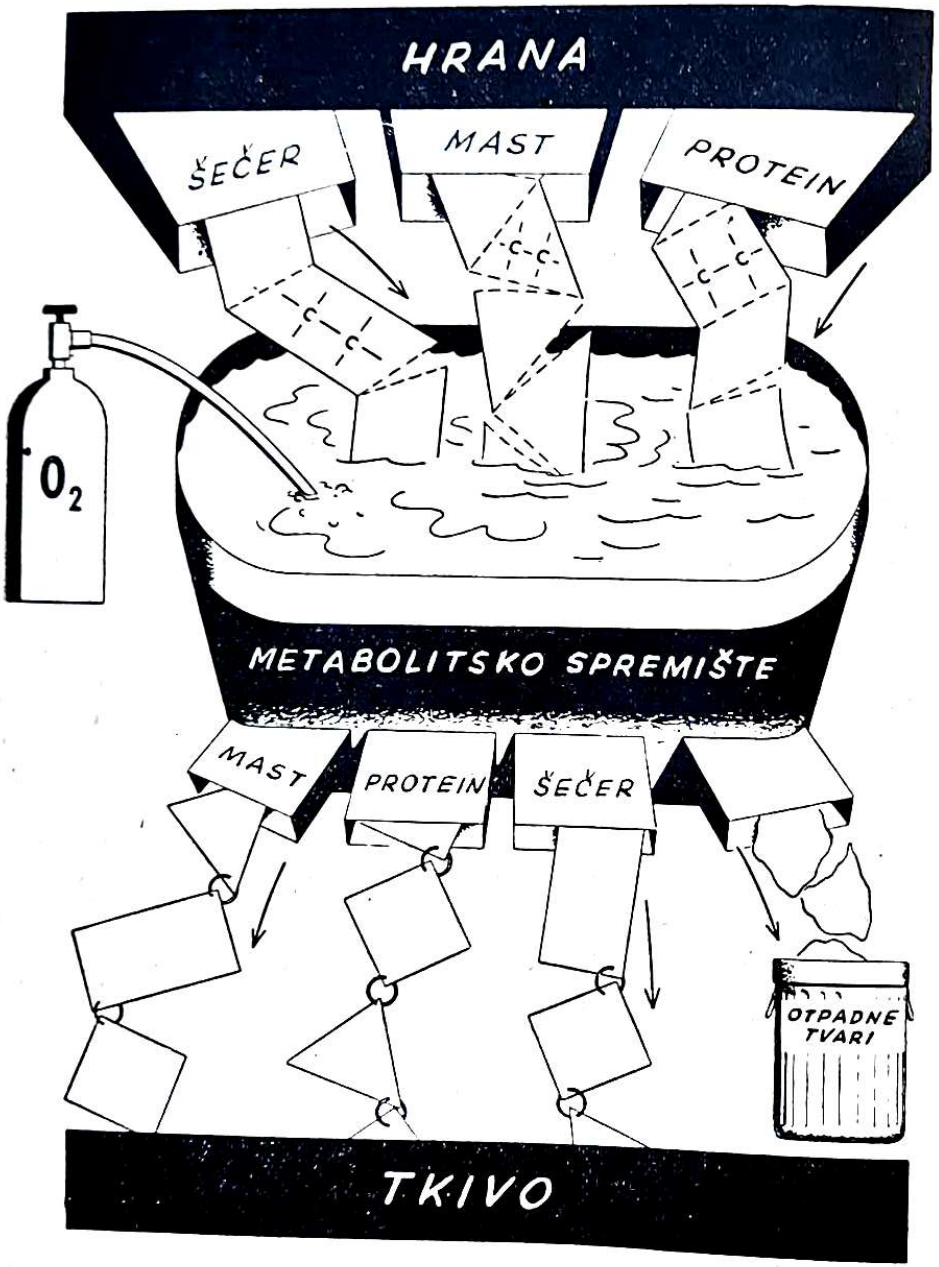
To se ispitalo ugrađivanjem radioaktivnog dušika u amonijsku sol, kojom su hranili štakore. Naknadnom analizom tkiva štakora bile su izolirane neke aminokiseline, koje su bile radioaktivne, t. j. dakako u vezi sa sadržajem izotopnog dušika. To pokazuje, da tijelo može pod stanovitim okolnostima direktno upotrijebiti amonijak za stvaranje aminokiselina, koje se ne razlikuju od onih dobivenih iz proteina hrane.

To su uglavnom novije metode, koje su omogućile istraživanja kemijskih reakcija, koje se događaju u organima, tkivima i stanicama životinjskog tijela. Ova su istraživanja naročito pospješena upotrebom izotopa, ali je ipak, kao i uvijek u nauci, ostalo mnogo toga još neistraženo.

METABOLITSKO SPREMIŠTE

Do sada smo sastojine, koje učestvuju u metabolizmu, promatrali s obzirom na njihovo porijeklo. Put aminokiselina kroz probavu, apsorpciju i transport zove se »metabolizam proteina«. Pretvorba i upotreba glukoze »metabolizam ugljikohidrata«, a masti i glicerina »metabolizam masti«. To su podesni termini označavanja za početak, ali postaju nevažni kod objašnjavanja principa intermedijarnog metabolizma. Neke ili sve od navedenih sastojina mogu poslužiti tijelu kao izvor energije. Svi intermedijarni produkti metabolizma ugljikohidrata (piruviati), proteina (alfa-keto-kiseline), i metabolizma masti (acetati i aceto-acetati) oksidiraju se na opći način preko oksidativnog ciklusa. Prva zadaća aminokiselina jest zadovoljenje potreba proteinske sinteze. Suvišak aminokiselina, koji nakon toga preostane, može poslužiti kao pogonski materijal. Te se aminokiseline dezaminiraju, t. j. odcjepljuje se amino-grupa (NH_2), a preostaje ugljiko-kisiko-vodikov ostatak lanca (alfa-keto-kiselina), koja se dalje oksidira.





Sastojci hrane miješaju se u metabolitskom spremištu. Neki se razgrađuju u razgradne produkte i energiju, a neki se ponovo spajaju i izgrađuju molekule tkiva.

Taj se ostatak može eventualno razgraditi u spojeve, koji su indentični s onima, koji se dobivaju razgrađivanjem masti i ugljikohidrata. Kod tog stupnja nestaju prijašnje razlike metabolizma proteina, ugljikohidrata i masti — jer za stanicu, koja ih troši, nije njihovo porijeklo od tolike važnosti. Polazeći od toga, stvoreni termin »metabolitsko spremište« obuhvaća čitavu zbirku intermedijarnih metabolitskih produkata, koji su eventualno različitim putevima nastali. Oni se mogu oksidirati do CO_2 i tako opskrbljivati tijelo energijom. Neki se mogu odvojiti iz spremišta i ugraditi u aminokiseline, glukozu, glikogen, masne kiseline ili druge spojeve potrebne organizmu. U tom ih slučaju možemo opet klasificirati u 3 glavne grupe sastojaka, sada ugrađenih u tijelo, koje ih je primilo kao hranu. Što je više činjenica bilo otkriveno u istraživanjima složenosti intermedijarnog metabolizma, to su se više mogle ocrtati, katkada čak i prilično detaljno, pojedine grupe odnosnih spojeva. Ti su slučajevi grafički prikazani u niz ciklusa. Jedan od njih, ciklus oksidacije, koji obuhvaća razgradnju intermedijarnih produkata metabolizma ugljikohidrata, masti i proteina, opisat ćemo detaljnije.

INTERMEDIJARNI PRODUKTI I POJEDINE NAROČITO VAŽNE GRUPE

U intermedijarnom metabolizmu pojedini su spojevi naročito važni, jer zauzimaju ključne pozicije u nizu lančanih reakcija. Oni na neki način predstavljaju ključne raskrsnice. Jedan od njih je piruvična kiselina — produkt razgradnje ugljikohidrata. To je 3-karbonska keto-kiselina slijedećeg sastava: $CH_3 . CO . COOH$. U toj je formuli COOH karboksilna, a CO ketonska grupa. Budući da je to vrlo reaktivan spoj, to se lako pretvara u neki drugi i normalno dolazi u većim količinama u tjelesnim tkivima. Već je ranije bila vrlo važna za dijagnosticiranje pomanjkanja tiamina, jer se u tom slučaju nagomilava u krvi u abnormalno velikim količinama. Poraste li koncentracija piruviata u krvi, to je siguran znak pomanjkanja tiamina. Danas je poznato, da tiamin + fosfat predstavlja fak-

tor (nazvan koencim), koji ubrzava razgradnju piruvične kiseline. Navest ćemo i druge ključne spojeve, koji igraju vodeću ulogu u oksidativnom ciklusu. Mliječna kiselina CH_3 . CHOH . COOH reducirani je oblik piruvične kiseline, koja se javlja u intermedijarnom metabolizmu, naročito na mjestima i u času, kada kisik nije prisutan u odgovarajućim količinama.

Vrlo je važna i oksal-octena kiselina — spoj od 4 ugljika — jer sudjeluje u oksidativnom ciklusu i prema tome u konačnoj razgradnji piruvične kiseline do CO_2, H_2O i energije.

Obratno, piruvična kiselina može reagirati sa CO_2 i stvoriti oksal-octenu kiselinu. To je ustvari direktno korištenje CO_2, iako se dugo smatralo, da se to dešava samo u biljnom svijetu. Aceto-octena kiselina jest spoj od 4 ugljika, koji je važan produkt cijepanja masti. Dosadašnji podaci govore, da se fragmenti sa 2 ugljika stvaraju degradacijom masnih kiselina. Neki se od njih opet spajaju u aceto-octenu kiselinu (spoj sa 4 ugljika). Pod abnormalnim uslovima (kao na pr. kod diabetesa) akumulira se aceto-octena kiselina u obliku svojih modificiranih produkata (ketonska tijela), i na taj način nastaje opasno oboljenje nazvano »ketoza« (ili acidoza).

Uz ove ključne spojeve važne su i neke kemijske grupe, koje smo već prije spomenuli. Jedna od tih jest amino-grupa (NH_2), koja je karakteristična za aminokiseline. Aminokiselina zapravo je organska kiselina s jednom ili više amino-grupa. Ketonska grupa (-CO) druga je važna reaktivna grupa, koja dolazi u mnogim intermedijarnim spojevima. Karboksilna grupa COOH karakterizira organske kiseline. Metilna grupa ($-CH_3$) raširena je u svim tipovima organskih spojeva, te se premještava od jednog spoja na drugi tokom metabolizma.

FOSFORILACIJA

U metabolizmu tvari moramo navesti i jedan mineralni element, koji vrši važnu životnu ulogu, a to je fosfor. Ta je njegova uloga, kako u biljnom, tako i životinjskom svijetu, bila već odavno poznata, naročito kod izgradnje kostiju i zubâ. Ali tek je nedavno otkrivena uloga, koju vrši u intermedijarnom metabolizmu. Njegova je glavna funkcija reaktiviranje i davanje energije organskim spojevima s kojima se povezuje. Uvođenje fosfora u obliku fosfata u razne organske molekule, čini te molekule reaktivnijima, a u stanovitim spojevima znatno povećava spremište lako pristupačne energije. (Možda se kod toga elektroni izvuku iz svog položaja u atomima, slično kao kod rastezanja vrpce od kaučuka). Prenošenjem fosfata s jedne molekule na drugu donator (davalac) gubi energiju, a akceptor (primalac) je prima. Postoji niz fosfatnih spojeva, koji stimuliraju reakcije metabolizma, te je taj fenomen fosforilacije do sada poznat kao jedini i najvažniji način, kako tijelo vrši svoje kemijske reakcije, koje se inače ne bi mogle vršiti kod tjelesne temperature. Jedan od najvažnijih spojeva, koji služi kao davalac fosfata jest adenozin trifosfat, koji se općenito piše ATP. Kao što samo ime kaže, on sadrži 3 fosfatne grupe, ali lako odcjepljuje samo dvije u prisutnosti odgovarajućih encima. Odcjepljenjem jedne fosforne grupe stvara se adenzin difosfat ADP, a odcjepljenje dviju, adenozin monofosfat AMP, koji se drukčije zove adenilna kiselina. Energetski sadržaj ATP veći je nego u ADP, a u ovome je opet veći nego u AA (adenilna kiselina). Adenilni sistem igra glavnu ulogu u primanju i davanju fosfora drugim intermedijarnim produktima, a važan je zato, što predstavlja prenošenje energije. ATP je vjerojatno neposredni izvor energije za stezanje mišića, kemijske sinteze i t. d. Da bi se taj sistem mogao održati, moraju ADP i AA neprestano primati fosfor, kako bi ponovno stvorili ATP i tako obnavljali zalihu, da može ATP predavati drugim spojevima tu važnu grupu. Relativno velika rezerva energijom bogatih fosfata, iz kojih se opskrbljuje ATP, jest kreatin-fosfat, kojim su bogata mišićna i nervna tkiva. Energija za stvaranje tih spojeva potječe od oksidacije.

OKSIDATIVNI CIKLUS

Danas raspolažemo sa dovoljno podataka s raznih područja istraživanja, koji nam omogućuju logično prikazivanje stupnjeva razgradnje ugljikohidrata, obično u obliku glukoze, kojom se oslobađa energija za potrebe tijela. Ovo tumačenje ni-

je konačno i može se preinačiti otkrićem novih činjenica. Ali ono u glavnim potezima popunjava pukotine u općoj postavci, da se glukoza oksidira u ugljični dioskid i vodu, dok u isto vrijeme energija u obliku ATP postaje pristupačna za mišićno stezanje, sekreciju žlijezda, apsorpciju u crijevima, provodljivost živaca, pokretljivost sperme i druge aktivnosti.

Razgradnju ugljikohidrata možemo podijeliti u dva dijela: 1) na reakcije do stvaranja piruvične kiseline, i 2) reakcije nakon stvaranja piruvične kiseline. Prvi stepen karakterizira fosforilacija glukoze (bilo kao takve ili dobivene iz glikogena), čime nastaje heksoza-1:6-difosfat, koji se zatim cijepa u dva fosforna spoja sa po 3 ugljikova atoma. Nakon toga vrši se djelomična oksidacija, kojom se otpušta nešto energije. Pri tome se molekula ponovno sređuje, gubi fosfat, te tako nastaje piruvična kiselina. Opisane promjene obuhvaćaju preko 12 odvojenih stepena sa isto toliko spojeva i encima. U prisutnosti kisika piruvična se kiselina dalje razgrađuje. U slučaju privremenog nedostatka kisika piruvična se kiselina reducira na mliječnu kiselinu, koja se kasnije opet pretvara u piruvičnu, a ta se dalje razgrađuje. Ova reakcija (razgradnja glukoze do mliječne kiseline) pruža dovoljno energije za održavanje funkcija stanica u kratkom periodu pomanjkanja kisika, što je važno, kada tijelo trpi abnormalne napore.

Zbog raznih načina razgradnje, koji slijede iza stvaranja piruvične kiseline, put je konačne razgradnje do CO_2 i H_2O mnogo složeniji. Piruvična kiselina i razni putevi njene razgradnje zauzimaju centralno mjesto. Ona se može razgraditi do spoja sa dva ugljika, vjerojatno octene kiseline, koja sa oksal-octenom stvara spoj sa šest ugljika (citronsku kiselinu). Potonja se postepeno razgrađuje i oslobađa konačne produkte CO_2 i H_2O i energiju, i spoj sa 4 ugljika — jabučnu kiselinu, koja opet može otpustiti vodik i stvoriti oksal-octenu kiselinu. U tom se krugu piruvična kiselina putem oksal-octene kiseline u izvjesnom smislu potpuno oksidira, čime se završava prvi krug, dok oksal-octena kiselina ulazi ponovno u drugi krug. Piruvična kiselina može isto tako direktno primiti CO_2 i stvoriti oksal-octenu kiselinu potrebnu za početak kruženja.

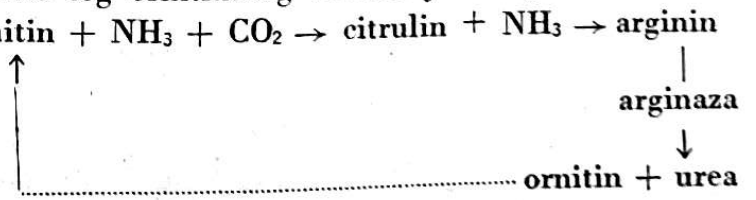
Budući da iz piruvične kiseline može nastati i octena kiselina — intermedijarni produkt razgradnje masnih kiselina, to ona može sudjelovati i u stvaranju masti. Osim toga može primiti i NH_2 grupu i stvarati aminokiseline. Koji će put piruvična kiselina izabrati i u kojoj mjeri, ovisi o više faktora, koji još nisu potpuno definirani.

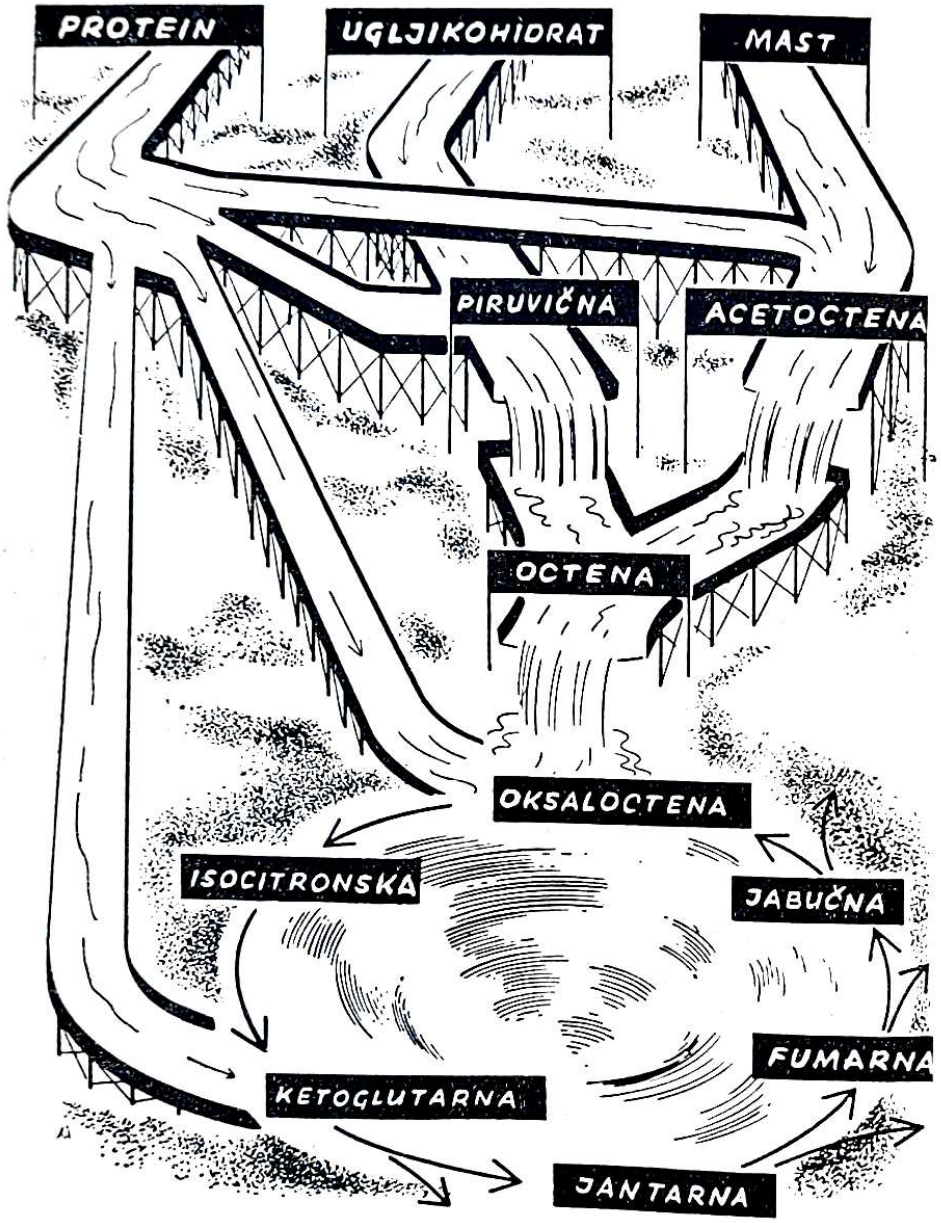
Naša skica pokazuje, da oksidativni ciklus nije važan samo za razgradnju ugljikohidrata. Razne se aminokiseline mogu pretvoriti u konstituente oksidativnog ciklusa i tako ući u njegove procese. Obratno se dodavanjem amonijaka članovima ciklusa stvaraju aminokiseline. Isto je tako dokazano, da se aceto-octena i octena kiselina, koje nastaju razgradnjom masnih kiselina, mogu spojiti sa oksal-octenom kiselinom i tako ući u isti ciklus. Oksidativni ciklus predstavlja dakle zajednički put ugljikohidrata, masti i proteina, kao i mjesto, gdje se te tri glavne grupe pretvaraju jedne u druge.

O NEKIM SPECIFIČNIM REAKCIJAMA METABOLIZMA

Apsorbirane aminokiseline, koje tijelo ne upotrebi za sintezu proteina, kao i one, koje nastaju razgradnjom proteina tijela, gube svoju amino-grupu (NH^2) u procesu deaminacije. Konačni glavni produkt ove amino grupe jest urea, koja se izlučuje mokraćom.

Prema teoriji o stvaranju uree, koja je prihvaćena, oslobođeni se NH_3 + CO_2 spaja sa aminokiselinom »ornitinom«, te tako nastaje citrulin, koji sa još jednom molekulom NH_2 stvara slijedeću aminokiselinu — arginin. U jetri se arginin hidrolizira pomoću encima »arginaze« na ureu i ornitin. Ureu izlučuju bubrezi a ornitin ponovno ulazi u reakciju. Glavne stepenice tog ornitinskog ciklusa jesu slijedeće:





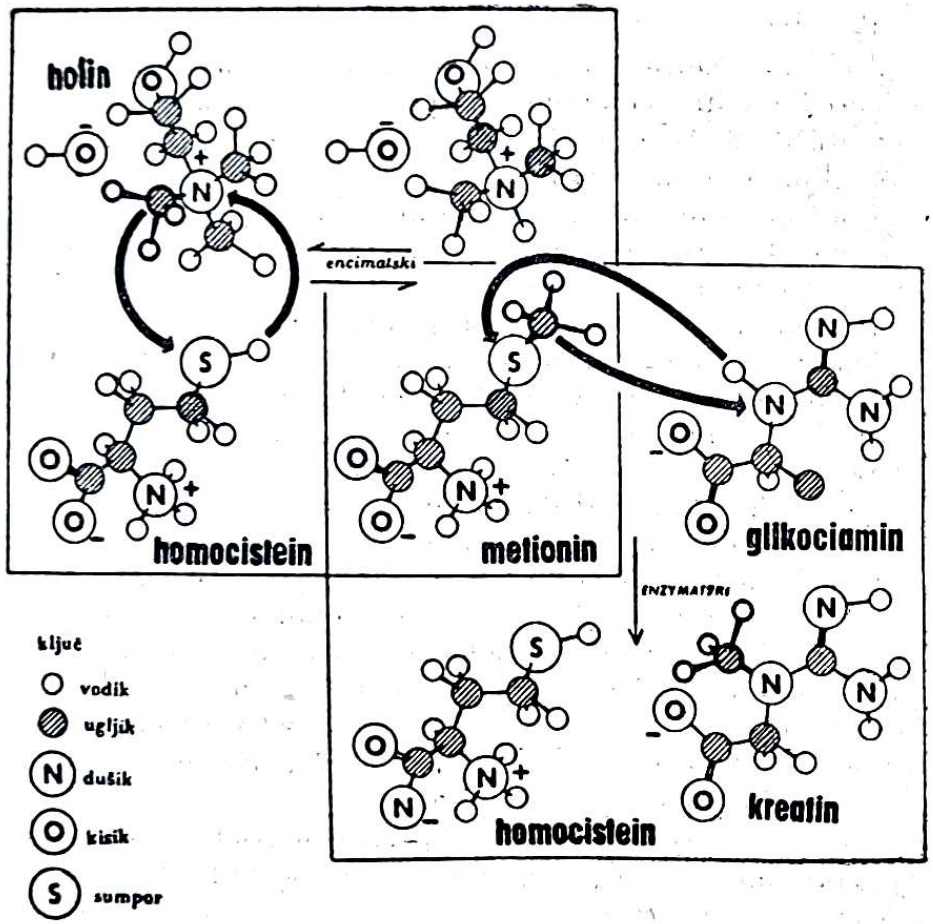
Sva tri glavna sastojka stvaraju intermedijarne molekule koje ulaze raznim putevima u zajednički metabolički dio.

Ma kako ciklus stvaranja $CO(NH_2)_2$ iz NH_3 i CO_2 izgledao složen, ima dokaza, uključujući tu i istraživanja na krušnoj plijesni »Neurospori«, koja pokazuju, da je jedino logično tumačenje toga biokemijskog procesa, stvaranje arginina putem ornitinskog ciklusa. Sigurno je, da je taj ciklus, koji tumači stvaranje arginina i uree, osnovan za metabolizam raznih oblika života.

Već smo ranije definirali termine »esencijelne« i »neesencijelne« ili neophodne i oprostive aminokiseline. Treba shvatiti, da se ti termini odnose na potrebe esencijelnih aminokiselina u hrani. Jasno je, da su sve aminokiseline koje stvaraju proteine tijela, fiziološki esencijelne. One, koje ne moraju biti prisutne u hrani, zovu se neesencijelne samo zato, što ih tijelo može sintetizirati iz drugih spojeva. Jedan od važnih puteva, kojima se stvaraju te aminokiseline, jest transaminacija. U tom se procesu kisik keto-grupe (CO) ketokiseline, koja nastaje iz ugljikohidrata ili drugih aminokiselina, zamijeni sa amino (NH_2) grupom drugih aminokiselina. U toj se reakciji ostatak ugljika amino-donatora pretvori u intermedijarni produkt ugljikohidrata i ulazi u spremište metabolizma. Ovom reakcijom tijelo stvara aminokiseline, koje treba iz aminokiselina, koje su prisutne u suvišku, ako su specifične potrebe tijela njima momentalno zadovoljene. Sve aminokiseline ne mogu sudjelovati u transaminaciji. Tako je na pr. dobro poznato, da lizin (aminokiselina) često manjka biljnim proteinima, te ne može ući u ovu važnu reakciju zamjene. U tom je smislu lizin jedna od najvažnijih esencijelnih aminokiselina.

Slijedeća veoma važna reakcija, kojom tijelo vrši zamjenu aminokiselina, sastoji se u prenošenju metilnih (CH_3) grupa, i naziva se transmetiliranje. Tijelo ne može sintetizirati metionin — esencijelnu aminokiselinu — iz homocistina — neesencijelne aminokiseline, koja sadrži sumpor. Životinje, koje hranimo hranom, koja umjesto metionina sadrži homocistin, sve slabije rastu. Dodamo li homocistinu holin, rast se opet popravlja. Holin je jedan od B vitamina i bogat je metilnim grupama, koje se lako odcjepljuju i prenose na druge sasto-

jine, u tom slučaju na homocistin, stvarajući esencijelnu aminokiselinu — metionin. Obrnuto, metionin može prenijeti svoju metilnu grupu raznim drugim spojevima. Iz toga proizlazi, da je jedna od najvažnijih funkcija holina i metionina opskrbljivanje drugih spojeva metilnim grupama u me-



Tijelo prenosi, prikazanim mehanizmom, metilne grupe (-CH_3), kako bi proizvelo potrebne molekule.

tabolitskom spremištu. Osim toga, prenošenje metilnih grupa služi tijelu kao detoksificirajući mehanizam. Metiliranjem se stanoviti štetni spojevi, kao na pr. piridin i kinolin, učine neškodljivim za tijelo.

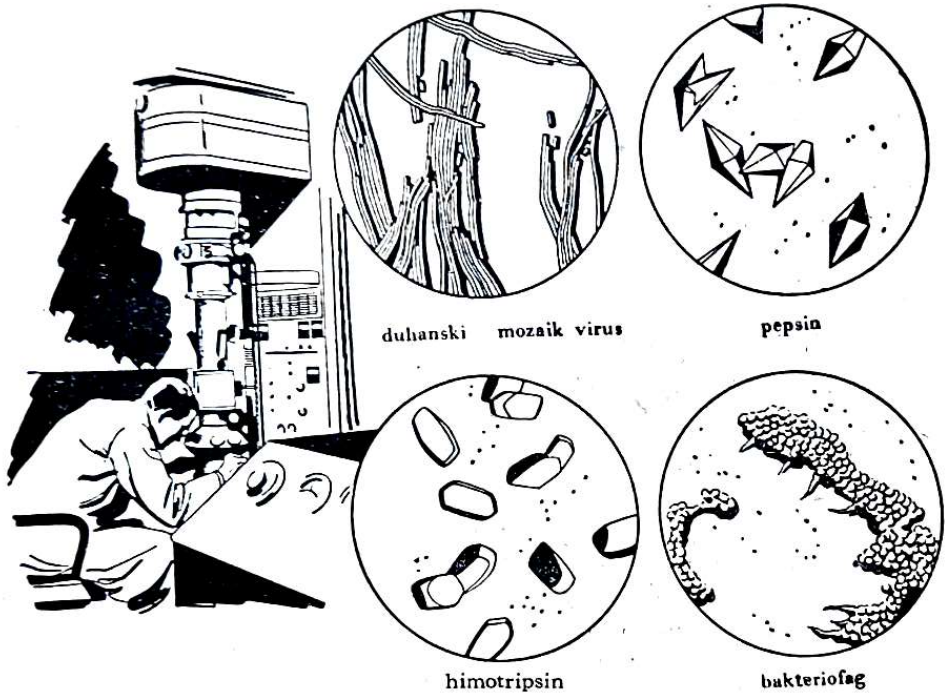
Metabolizam sumpora u tijelu samo je donekle protumačen i predstavlja još uvijek vrlo zanimljivo područje za buduće istraživače. Metabolizam sumpora teško je ispitivati radioaktivnim izotopima, jer su zračenja sumpora tako slaba, da se teško mjere. Životinje gotovo nikako ili u tek maloj mjeri iskorišćuju anorganski sumpor. To znači, da troše sumpor samo u obliku organskih spojeva, kao na pr. u obliku metionina i cistina. Kada se ti sumporni spojevi razgrade tokom metabolizma, sumpor se izlučuje kao neutralni sumpor u mokraću (kao cistin, tiosulfat i t. d.). Jedan se dio pretvara u žučne soli i vrši važnu funkciju u probavnim apsorpcijskim procesima. Veći dio sumpora izlučuje se u obliku sulfata urina.

U tijelu se među aminokiselinama, koje sadrže sumpor, vrši izvjesno prenašanje sumpora. Tako je pronađen radioaktivni sumpor dodan metioninu hrane u proteinima raznih organa tijela, kao na pr. u jetri, gušterači i sadržaju želuca i crijeva. Mehanizam, kojim se vrši zamjena, nije poznat. Neki encimski sistem u jetri stvara od cistina sumporovodik, piruvičnu kiselinu i amonijak. To dokazuje, da sumpor cistina može zamijeniti sumpor sumporovodika. Detalje ciklusa sumpora treba još istražiti.

NUKLEOPROTEINI

U trećem smo poglavlju u diskusiji o probavi u tankom crijevu obuhvatili i razgradnju specijalne grupe spojeva — nukleoproteina — koji se cijepaju u proteine, dušićne baze (purin i pirimidin), šećer sa 5 ugljika i fosfornu kiselinu. Ti su nukleoproteini naročito zanimljivi. Sačinjavaju samo mali dio većine stanica i tkiva. Njima su bogate naročito jezgre stanica, po čemu su dobili svoje ime. U velikoj količini sadrže ih tkiva bogata jezgrom, kao spermatozoidi i žljezdani organi. Veliki interes za nukleoproteine pobudilo je otkriće, da su i neki virusi izolirani u kristaliničnom obliku zapravo čisti nukleoproteini. Niz biljnih virusa daje lijepe u vodi topive kristalinične proteine, a od životinjskih je barem za

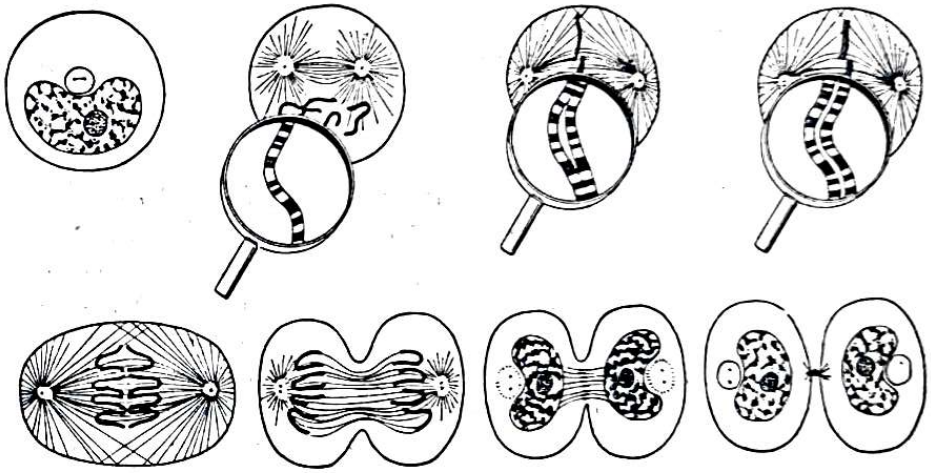
virus boginja poznato da sadrži nukleoprotein. Virusi su važni, jer prouzrokuju razne bolesti, a uz to su od izvanrednog naučnog značenja, jer se smatra, da bi mogli biti tvari na granici između živog i neživog. Do njihova otkrića pret-



Virusi, bakteriofagi, geni-jedinice, koje se same razmnožavaju, sadrže sve nukleoproteine. Neke od njih izolirane su kao pravilne čestice, čak i kao čisti kristali, slično kao i niz proteinskih encima. Na slici se vidi kako izgledaju pod elektronskim mikroskopom.

postavljalo se, da postoji oštra granica između žive i mrtve materije. Međutim nukleoproteini virusa su izgleda oboje. Oni mogu kristalizirati i stajati u laboratorijskim bocama kao svaka druga neživa materija. Ali jednom uvedeni u živu stanicu, oni se brzo razmnažaju i umnažaju u velikom broju, poput živih bića. Tokom tog procesa šire se od stanice do stanice i prenose karakteristične bolesti s biljaka na životinje. Zato su sigurno na granici života. Zbog toga je kemija i struktura nukleoproteina najzanimljiviji biološki problem.

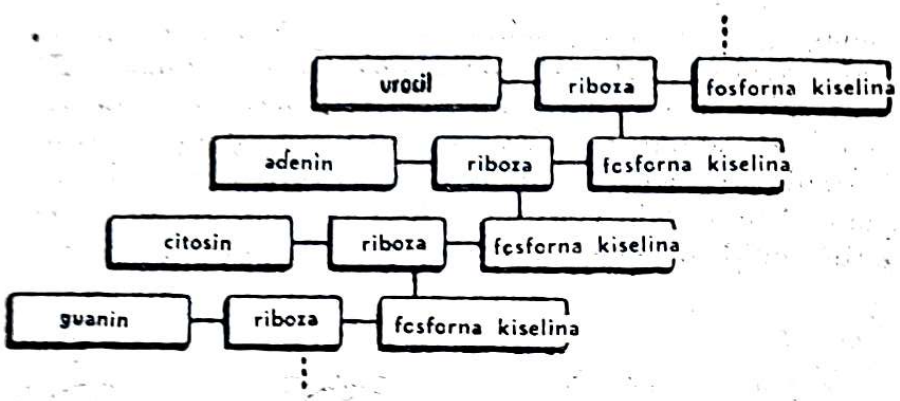
Nadalje je vrlo interesantno, da su i hromozomi stanične jezgre sastavljeni uglavnom od nukleoproteina. Budući da su hromozomi nosioci gena (nasljednih jedinica), za istraživača je naročito zanimljivo, detaljno ispitati strukturnu prirodu ovih stanica nasljednosti. Njihovo je djelovanje već od ranije poznato. Isto je tako vrlo zanimljivo, da i u tim spojevima, bogatim nukleoproteinima, nailazimo na pojavu razmnaža-



Mitoza — najkritičnija stepenica kod dijeljenja stanice na dvije, jest reduplikacija nukleoproteinskih molekula gena u hromosomima. Na slici je prikazano osam stadija stanične diobe, a udvostručenje hromosoma vidi se od drugog preko četvrtog stadija.

nja. Stanice tijela stalno uzdužno dijele hromozome, tako da polovica gena prelazi u jednu, a polovica u drugu stanicu. Sposobnost nukleoproteina da se sami razmnažaju, kako u virusima, tako i u hromozomima i u genima, čini ih jedinstvenim među proteinima.

Kad se nukleoproteini cijepaju tokom metabolizma, proteinski se dio razgrađuje poput ostalih proteina. Ostatak molekule nukleinskih kiselina razgrađuje se na drugi način. Struktura tipične nukleinske kiseline, izolirane iz kvasca, može se prikazati na slijedeći način:

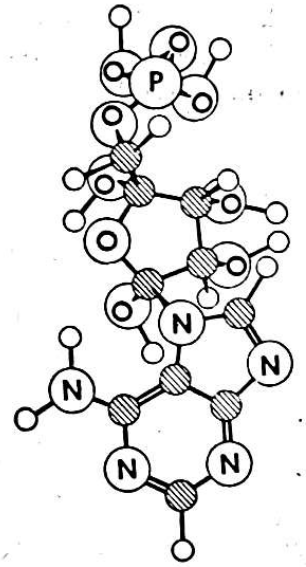


Kao što se vidi, građevna jedinica nukleinske kiseline je nukleotid—fosforna kiselina—riboza—uracil. Četiri nukleotida spojena su unakrsnim vezom fosforne kiseline i riboze. Riboza je šećer sa 5 ugljika ili pentoza. Adenin i guanin jesu purinske baze, ciklički spojevi, koji sadrže dušik, dok su uracil i citozin pirimidinske baze i predstavljaju modifikacije purina. Dobro proučena nukleinska kiselina timusa ima sličnu strukturu, ali umjesto riboze sadrži dezoksi-ribozu, a umjesto uracila, timin. Dok se jedno vrijeme mislilo, da su za nukleinske kiseline tipične 4 nukleotidske jedinice, današnji podaci govore, da je to bilo pojednostavljenje, te da je prisutno mnogo više takvih jedinica u svakoj nukleinskoj kiselini, vjerojatno umnožak od 4.

Što se događa sa pirimidinskim bazama tokom metabolizma, malo je poznato. Interesantno je međutim, da su neki opće poznati spojevi, kao tiamin i barbiturati, modifikacije pirimidinskih baza. Više je poznato o sudbini purinskih baza, pa ćemo se na tome malo zadržati.

Najvažniji purin jest adenin. Adenin + riboza daje adenozin, koji spajanjem sa fosfornom kiselinom stvara adenozin monofosfat ili adenilnu kiselinu, koju smo već prije spomenuli kao najvažniju sastojinu intermedijarnog metabolizma. Ulogu adenozin—fosfat sistema u energetskim pretvorbama tijela opisat ćemo detaljnije u slijedećim poglavljima.

Iz purinskih baza — adenina i guanina — nastaje u mokraći mokraćna kiselina, putem odgovarajuće deaminacije i oksidacije. To je glavni ekskrecijski produkt purina kod čovjeka, viših majmuna i nekih rasa pasa (dalmatinci). Svi ostali sisavci razgrađuju mokraćnu kiselinu na alantoin, koji izlučuju u mokraći. Još niži oblici životinja razgrađuju alantoin do uree, pa čak i do amonijaka i ugljičnog dioksida. Te specifične razlike naročito su važne u studijama komparativnog metabolizma.



Adenilna kiselina mišića.

Nedavno se otkrilo, da su purin i pirimidin u vezi s novim vitaminom B_{12}, koji sadrži kobalt i kojim se liječi perniciozna anemija. Funkcije vitamina B_{12} uglavnom su nepoznate, ali prema nekim indikacijama on je na neki način u vezi sa sintezom purina i timidina (timin dezoksiriboza), dok je folna kiselina, kojom se mogu uspješno liječiti neki simptomi perniciozne anemije, u vezi sa sintezom pirimidina i timina. Purinske i pirimidinske baze nisu u hrani esencijelne, jer ih životinjsko tijelo može stvarati i radije ih stvara iz svojih vlastitih izvora ugljika i amonijaka.

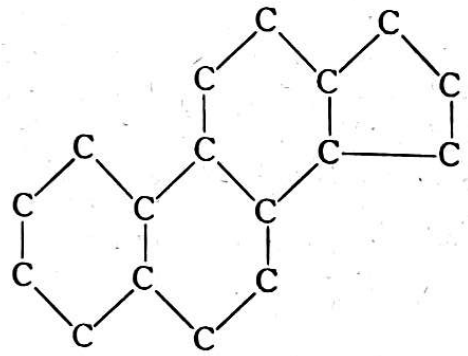
STEROIDNI SPOJEVI

Posebnu pažnju zaslužuju steroli — grupa spojeva, koji su klasificirani kao masti ili lipoidi. Oni su sastavni dijelovi skupine složenih supstanca, koje imaju dalekosežne učinke u tijelu. Karakteristično je za njih da imaju u svojoj građi spoj, koji se može na razne načine modificirati dodatkom raznih grupa ili radikala i dati veliki broj najinteresantnijih spojeva. Ta građevna jedinica jest »ciklopentanonfenantrenska jezgra«, koja se može ovako prikazati: (skica na str. 136.)

Najpoznatiji primjeri sterola jesu holesterol u životinjskom tkivu i ergosterol u kvascu. Kemijski srodna grupa jesu spo-

jevi, koji se označuju kao »steroidi«. Među njima su od biološke važnosti žučne kiseline, otrovi. seksualni hormoni, estrogen i androgen, hormoni nadbubrežne žlijezde (kortizon) i vitamin D. Neki od tih steroida prouzrokuju kod duljih primanja razne oblike raka, što je povećalo interes za njihovo istraživanje.

Holesterol je davno poznat kao sastavni dio žučnih kamenaca. Prisutan je u svim životinjskim stanicama, a naročito u živčanom tkivu, adrenalnoj žlijezdi i žumanjcetu. Budući da je tako rasprostranjen u životinjskom tkivu, a uz to sadrži i karakteristično steroidno jezgro, to je razumljivo, da se smatra kao izvorna supstanca drugih sterola u tijelu.



Međutim dokazi o tome još se skupljaju.

Budući da niži oblici biljnog života mogu sintetizirati sterole, mislilo se jedno vrijeme, da su biljni steroli (fitosteroli) spojevi, koji se mogu pretvoriti kod životinja u holesterol. Ali, očito, nije tako. Životinje ne apsorbiraju fitosterole, nego ih izlučuju nepromijenjene u fecesu. Prema tome se holesterol, što ga životinjsko tijelo može sintetizirati, gradi iz drugih supstanca. Neko se vrijeme samo pretpostavljalo, da su masne kiseline sirovina za to stvaranje, ali je to tek nedavno i potvrđeno.

Pristupačnost izotopa kao deuterija i izotopa ugljika omogučila je intenzivnija istraživanja. Prema tim ispitivanjima, holesterol može vjerojatno nastati spajanjem octenih kiselina, koje u toku kondenzacije primaju vodu. Prilikom hranjenja

teškom vodom pokazalo se, da polovica vodikovih atoma holesterina potječe od teškog vodika. Da octena kiselina sudjeluje više nego same metilne grupe kod sinteze holesterola, pokazalo se hranjenjem octene kiseline dvostruko markirane — to znači da su bili obilježeni vodik i ugljik. Kada se tako označena octena kiselina davala u hrani, a holesterol izolirao i analizirao, nađeni su izotopi vodika i ugljika. Zato je octena kiselina metabolitskog spremišta, bez obzira na porijeklo, glavni izvor ugljikovog skeleta holesterola. Utvrdilo se, da je sjedište te sinteze u jetri.

Sinteza drugih sterola u tijelu iz holesterola nije još konačno dokazana. Podaci, kojima raspolažemo, nagovješćuju, da se holesterol može ugraditi u seksualne hormone, žučne kiseline i adrenalne hormone. Očekuje se, da će se ovo interesantno područje intermedijarnog metabolizma u bliskoj budućnosti proširiti. Ispitivanjem steroidâ uzetih iz perfuzirane adrenalne žlijezde, kojoj se dodao holesterin ili druge steroidne molekule, otkriveno je stvaranje adrenalnih hormona.

UZAJAMNA VEZA METABOLIZMA UGLJIKOHIDRATA, MASTI I PROTEINA

Zajednički put metabolizma, ugljikohidrata, masti i proteina pokazan je na slici na str. 108. To je prikazano više u smislu što tijelo može, nego što tijelo zaista čini i u kojoj mjeri. Slijedećim razlaganjima sumirat ćemo ono, što je dobro poznato da se zbiva u tijelu tokom međusobnog preobražaja triju glavnih skupina hranjivih sastojaka.

Poznato je, da se ugljikohidrati hrane mogu pretvoriti u mast. Pod normalnim okolnostima većina tjelesnih masti nastaje iz ugljikohidrata, jer oni najčešće dolaze u hrani. To znaju i odgajivači stoke, koji tove svoje životinje prvenstveno hranom bogatom ugljikohidratima, koja sadrži malo masti, kao na pr. žito. Točan mehanizam, koji djeluje u pretvorbi ugljikohidrata, većinom glukoze u masti, nije poznat, ali je svakako izvediv. Glikogen ili glukoza cijepaju se do

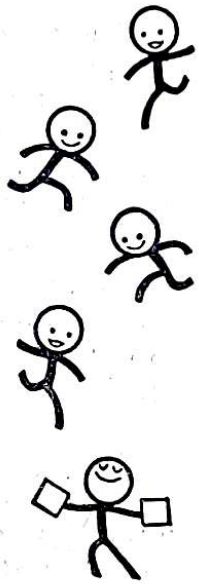
acetata, a spajanjem acetata mogu nastati masne kiseline. Tjelesna mast, koja nastaje iz ugljikohidrata, jest t. zv. tvrda mast, za razliku od meke masti, koja se stvara iz hrane bogate mastima. Tako na pr. svinje, koje se tove punim zrnima kikirikija ili soje, daju meku mast, koju potrošač ne voli, te se zato takve životinje prodaju na tržištu po nižoj cijeni. Kod nekih vrsta nije prisutnost masti u hrani potpuno neophodna. Tijelo svakako treba u malim količinama t. zv. esencijelne masne kiseline, kao na pr. linoleinsku, što smo već ranije spomenuli. Smatra se, da čovjek treba ovu masnu esencijelnu kiselinu u svojoj hrani, ali to još nije dokazano.

U pogledu obratnog procesa, t. j. pretvaranja masti u ugljikohidrate, mišljenja se još općenito razilaze. Tu su pretvorbu ispitivali raznim metodama, među kojima je najvažnija metoda hranjenja životinja masnim kiselinama ili mastima, koje postaju na jedan ili drugi način dijabetične. Takve životinje, uključujući i čovjeka, nagomilavaju glukozu u količinama, koje se, izlučene u mokraći, mogu mjeriti. Pojava glukoze, koja uslijedi nakon hranjenja tom pokusnom hranom, potvrđuje stvaranje ugljikohidrata. Tom se metodom također pokazalo, da se frakcija glicerina masti lako pretvara u glukozu. Međutim, još je uvijek sporno stvaranje ugljikohidrata iz masnih kiselina. Ključno mjesto u tim raspravama zauzima octena kiselina, jer je ona konačni produkt degradacije prirodnih masnih kiselina sa parnim brojem ugljikovih atoma. Neki zastupaju mišljenje, da se octena kiselina pretvara u glukozu, ali se danas općenito smatra, da se tim putem ne može sadržaj glukoze znatnije povećati. Iz propionske kiseline (3-karbonska masna kiselina) može se stvoriti glukoza. Kako ta kiselina nije normalni produkt razgradnje masnih kiselina, to sudjeluje malo ili ništa u stvaranju glukoze u normalnom tijelu.

Produkti probave proteina, aminokiseline, mogu stvarati glukozu; barem neke od njih. Upotrebom raznih metoda (kao mjerenjem glukoze u mokraći diabetičnih životinja, mjerenjem glikogena u životinjama koje su prethodno gladovale, ili određivanjem glukoze u izoliranim organima) kod životinja, koje su se hranile raznim aminokiselinama, pokazalo se, da najmanje 8 aminokiselina može stvarati glukozu, dok 3 druge to očito ne mogu. Rezultati pokusa sa ostalih 9 nesigurni su. Slika na str. 128 pokazuje način, kako se ta pretvorba može odvijati, kada se aminokiseline razgrade do piruvične, oksal-octene ili ketoglutarne kiseline. Isto je tako dokazano i obrnuto, naime pretvorba ugljikohidrata u aminokiseline, o čemu smo govorili kod transaminacije. Treba naglasiti, da ugljikohidrati daju samo ugljiko- kisiko- vodikov dio, dok se amino-grupa NH_2 normalno dobiva iz drugih aminokiselina. Esencijelne aminokiseline očito se ne mogu na taj način sintetizirati, jer ih tijelo uopće ne može stvarati, te ih mora primati sa hranom. Jasno je također, da i stanovite aminokiseline mogu pridonijeti stvaranju masti, dokle god stvaraju intermedijarne spojeve.

Teško je obuhvatiti čitavo sadašnje znanje o složenosti metabolizma primljene hrane. Mi smo to prikazali vrlo pojednostavljeno i obuhvatili smo glavne činjenice. Iako su analogije nepotpune, i nesigurne, one su često potrebne da objasne misli i da masu podataka skupe u jednu sliku. Ne će biti na odmet, ako na kraju citiramo jednu Schoenheimerovu analogiju, u kojoj on živo tijelo uspoređuje s vojničkim pukom:

»Grupa ljudi tog tipa (vojnički puk) slična je živom organizmu u mnogom pogledu. Njegovo brojno stanje mijenja se samo unutar uskih granica, a osim toga ima točno određenu visoko organiziranu strukturu, u kojoj se pojedinci stalno mijenjaju. Ljudi se upišu u vojsku, premještaju se iz mjesta u mjesto, unapređuju se ili kažnjavaju i konačno, nakon različito odsluženih rokova, odlaze. Brojčano ulazi ili izlazi u vojsci jednak broj ljudi, ali im je sastav različit. Regruti predstavljaju hranu, a njihovo odlaženje iz vojske ili smrt predstavlja ekskreciju tijela.«



PETO POGLAVLJE

Encimi - djelotvorni agensi

Iz prošlih poglavlja proizlazi, da se životinjsko tijelo potpuno razlikuje od strojeva, koje je stvorio čovjek, te da radi na sasvim drugim principima. Iz materijala, koji prolazi kroz probavni trakt, tijelo izabire potrebne hranjive sastojke, a nepotrebne odbacuje. To je isto tako, kao kad bi automatski karburator mogao iz struje sirovog ulja, koja protječe kroza nj, izdvojiti potrebni benzin. Štaviše, tijelo u probavnom traktu cijepa velike i neprobavljive molekule kao proteine i škrob u manje i topive jedinice, t. j. u glukozu i aminokiseline, slično kao kad bi automobil bio opremljen sa »craking« opremom za proizvodnju benzina iz sirova ulja.

Međutim, to nije ni izdaleka sve. Pri obnavljanju tkiva tijelo također ugrađuje aminokiseline, dobivene iz proteina

hrane, u svoje sastavne dijelove. Tako se ono održava stalnim obnavljanjem, slično kao kad bi mašina mogla automatski obnavljati svoje ventile, klipove i ležaje. Osim toga, tijelo sprema masti i glikogene, koje će mu poslužiti kao energetska rezerva, kad ponestane hrane, ili kad je nema dovoljno. Slično bi mašina imala pomoćni rezervoar, kojim bi mogla prevaliti još mnoge milje, pošto je redoviti benzin potrošila.

Međutim, od svega je najznačajnije, što se u tijelu odvijaju mnogobrojne, raznovrsne kemijske reakcije bez visokih temperatura, električne napetosti ili visokih pritisaka. Parne mašine ne bi mogle raditi, kad ne bi bilo dovoljno velikih razlika u temperaturi pare, koja ulazi, i one, koja izlazi. Električni motori ne trebaju doduše razliku temperature, ali zato ovise o znatnoj razlici napona, t. j. o razlici električnog potencijala između polova. Životinjsko tijelo nema ništa od toga. Svoje složene reakcije obavlja potrebnom brzinom kod stalne temperature. Nužna je samo razlika sadržaja kemijske energije među pojedinim molekulama. Oslobađanje te energije kao i početak potrebnih reakcija ovisi gotovo potpuno o djelovanju katalizatora.

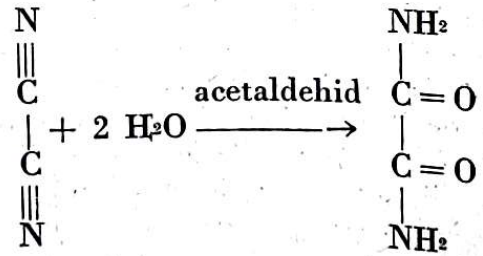
KATALIZATORI

Katalizatore susrećemo svakodnevno u kemijskoj industriji. Oni pokreću i ubrzavaju kemijske reakcije. Katkada djeluju svojom površinom, omogućavajući na taj način međusobno reagiranje molekula, a katkada sami učestvuju u reakciji. Ni u jednom se od tih slučajeva ne troše, a niti se tokom reakcije trajno mijenjaju, nego opet izlaze točno u početnom stanju, tako da mogu nastavljati svoje djelovanje. Oni ne daju energiju, t. j. ne pokreću niti pospješuju reakciju, koja se ne bi polaganim tokom već sama po sebi razvijala. Ovo je posljednje samo od teoretske vrijednosti, jer se u mnogim slučajevima reakcija odvija tako polagano u odsustvu katalizatora, da možemo praktički uzeti kao da se ne događa. Katalizatori zapravo uklanjaju zapreke, koje postoje bilo zbog slabog kontakta, oblika ili koncentracije molekula, i tako znatno pospješuju polagane reakcije. Oni ustvari provode reakciju,

koja se inače praktički ne bi odvijala. Slijedeća priča iz knjige »Stanice u diobi« pomoći će nam da objasnimo ovu misao.

»Kako djeluje encim? U mnogo slučajeva njegovo djelovanje podsjeća na devu, koja je riješila jedan arapski problem. Neki je šeik umro i ostavio svoj imetak — 17 deva trojici sinova. Njegova je volja bila sasvim jasna: najstariji sin treba da dobije polovicu, srednji trećinu, a najmlađi devetinu dragocjenog nasljedstva. Međutim raskomadane deve gotovo su bezvrijedne, i zato su pozvali mudrog poglavicu plemena, da im riješi taj problem. »Alah me obdario mnogim devama, i zbog ljubavi, koju sam gajio prema vašem cijenjenom pokojnom roditelju, dodat ću jednu od mojih deva stadu, koje vam je on ostavio.« Problem je sada bio riješen, jer je najstariji sin primio 9 deva kao svoju polovicu od 18, srednji 6 i najmađi dvije. Devet, šest i dvije daju početnih 17 deva, i mudri je patrijarh uzeo svoju natrag, praćen blagoslovima onih, kojima je pomogao. Eto, ta deva predstavlja encim.«

Među katalizatore, koji se upotrebljavaju u industriji, ubraja se magnetični željezni oksid i kalijev aluminat, koji posreduju u Haberovu procesu pri spajanju dušika s vodikom u amonijak. Vanadijev pentoksid i cerijev dioksid sudjeluju pri pretvaranju acetaldehida u octenu kiselinu; bakarni klorid u proizvodnji sintetskog kaučuka; plinoviti dušični oksidi u procesu olovnih komora u proizvodnji sumporne kiseline. Acetaldehid, koji sudjeluje kod reagiranja diciana i vode prilikom sinteze oksamida, bio je jedan od prvih otkrivenih katalizatora. Premještanje atoma kod te reakcije možemo prikazati konvencionalnim načinom — simbolima.



Riječima: dicijan + voda u prisutnosti acetaldehida daje oksamid.

Poznate su također neke tvari, koje imaju suprotno djelovanje od katalitičkog, t. j. koče specifične kemijske reakcije. Na pr. vodikov peroksid nestabilan je spoj, te se spontano raspada u vodu i kisik. Međutim dodatak male količine acetanilida usporuje tu reakciju toliko, da se upotrebljava u trgovini za pripremanje stabilnog vodikova peroksida, koji se drži neodređeno vrijeme u bocama na apotekarskim policama. Tvari s takvim djelovanjem zovu se »negativni katalizatori«. Među njih ubrajamo i one, koji sprečavaju spontanu oksidaciju te su poznati kao »antioksidansi«. Poznati primjeri jesu hidrokinon i alfa-naftol, koji se upotrebljavaju za usporavanje oksidacije nezasićenih masti i tako sprečavaju užizanje jestivih masti. Novi i poznati primjer jest upotreba askorbinske kiseline, koja sprečava tamnjenje rasječenih bresaka izloženih zraku. Trajnost i upotrebljivost gume danas je znatno veća nego prije 10 godina, zahvaljujući antioksidansima, koji usporuju starenje gume. Životinjsko tijelo daleko više koristi katalizatore za provođenje kemijskih reakcija. Biološki su katalizatori poznati pod imenom »encimi«, i njihov je broj u pojedinom životinjskom tijelu vrlo velik, vjerojatno na stotine tisuća. Većina od njih jesu proteini, sastavljeni od velikih molekula, tako velikih, da su više koloidalne nego topive u tijelu i staničnim sokovima. Sve što je bilo rečeno o katalizatorima, može se uglavnom primijeniti i na encime. Najvažnija im je međutim osebina ta, da specifično provode neku biološku reakciju ili najužu grupu srodnih reakcija. Kao što je već bilo rečeno, encimi upravljaju kemijskim reakcijama probave, apsorpcije i metabolizma hrane. Utječu na sintezu novih građevnih tvari za obnovu starijih tkiva. Upravljaju oslobađanje energije, kako bi se mogle obavljati životne tjelesne funkcije i svi oblici fizičke i duševne aktivnosti. Oni su dakle djelotvorni agensi životnih procesa.

Prvi encimi, koji su bili otkriveni, dobili su imena nesistematski, kao na pr. pepsin, tripsin, i sladna diastaza. Kasnije, kad ih je bilo više otkriveno, uobičajilo se davati ime encima

prema supstanci, na koju djeluje, s dodatkom sufiksa »aza« na samo ime supstance. Tako su nastala slijedeća imena:

Amilaza, jer probavlja škrob (amylum);
Lipaza, jer probavlja masti (lipum);
Proteaza, jer probavlja proteine;
Urikaza, jer oksidira urinsku kiselinu.

Neki su encimi dobili ime prema vrsti promjene, koju prouzrokuju. Tako na pr.:

Oksidaza, oksidira;
Dehidrogenaza, odstranjuje vodik (oblik oksidacije);
Deaminaza, odstranjuje aminogrupu;
Dekarboksilaza, odcjepljuje CO_2 iz karboksilne grupe.

Postoje i zajednička imena za grupu encima, koji djeluju na grupu srodnih supstanca, kao na pr.:

Karbohidraze
Proteaze
Lipaze
Glukozidaze —

Postoje specijalna imena za pojedine encime u svakoj grupi:

Amilaza sline;
Amilaza gušterače;
Amilaza mišića —

i konačno:

Citohromoksidaza;
Sukcinarna oksidaza;
Mliječna dehidrogenaza;
Nukleotidaza;
ATP-aza.

Encimi imaju neke određene karakteristike. To su:

1. Dodatak encima pospješuje reakciju.
2. Encim se tokom reakcije primjetno ne troši. Na kraju reakcije bitno je nepromijenjen.
3. Male su količine izvanredno aktivne.
4. Redovito su specifični: proteaze djeluju samo na proteine, pa čak i samo na neke od njih, a nikada na ugljikohidrate ili masti.

5. Većina je encima kemijski osjetljiva, te se uništavaju toplinom, na pr. već dosta ispod 100°C.

6. Male količine stranih supstanca, naročito iona teških metala, kao na pr. srebra, žive, bakra, mogu sasvim obustaviti njihovo djelovanje, a taj se učinak zove »trovanje«. Zanimljivo je, da neki encimi trebaju za aktivaciju metalne ione, kao na pr. mangan, cink i bakar.

Kako su encimi proteini, oni čine koloidalne otopine. Prolaze vrlo slabo kroz membranu ili uopće ne prolaze. Zbog toga ne mogu isteći iz stanice, kako se ne bi uništili ili izazvali nepoželjne reakcije na drugom mjestu.

Mnogi se encimi sastoje od najmanje dva dijela: apoencima i koencima. To vrijedi naročito za encime, koji sudjeluju u staničnom metabolizmu. Koencimi nisu na pr. važni za encime, koji probavljaju hranu. Za ilustraciju i definiciju tih termina promotrit ćemo poznati slučaj kvasca, koji, kao što je poznato, izaziva vrenje šećera. Filtriramo li suspenziju smljevenog kvasca kroz porculanski filter, impregniran želatinom, zaostaje koloidalna tvar, a bistri filtrat prolazi. Ni koloidalna materija ni filtrat ne mogu izazvati vrenje šećera sami za sebe. Pomiješamo li ih, nastaje vrenje. Koloidalna materija, koja sadrži proteinsku frakciju, naziva se »apoencim«. Iako su apoencimi vrlo važni, a i u stanici ima obilje proteina, ipak malo znamo o stvaranju ili specifičnim osobinama tih supstanca, koje tako efektivno djeluju. Bistri filtrat, neproteinski sastojak, sadrži koencim. Već godinama znamo, da apoencimi djeluju kao katalizatori samo u prisustvu aktivirajućih koencima. Koencimi su zapravo neki od bezbrojnih mikrosastojaka hrane, i zato su esencijelni hranjivi sastojci. U tu kategoriju spadaju i jednostavne tvari, kao ioni kalija, magnezija, klorida, fosfata, željeza, bakra, mangana i sličnih, koji često igraju bitnu ulogu u metabolizmu. Složeniji mikrosastojci kao vitamini: tiamin, niacin, riboflamin, piridoksin, također igraju bitnu ulogu kao koencimi apoencima.

DJELOVANJE ENCIMA

Od novijih otkrića u biološkoj kemiji najinteresantnije je objašnjenje, kako neki od tih vitamina djeluju kao koencimi. Mnoge bolesti, koje nastaju zbog pomanjkanja vitamina, bile su poznate davno prije poznavanja samog načina njihova djelovanja. Ta nova saznanja omogućuju liječniku bolje razumijevanje bolesti, koje se razvijaju u pomanjkanju potrebnih vitamina, ili, da se stručno izrazimo, kod avitaminoza. Objašnjenje tih pojava danas nam je u grubim crtama poznato zahvaljujući istraživanjima, koja su vršili biolozi i kemičari u vezi s bazalnim metabolitskim procesima života, iako još ima detalja, koje treba razraditi.

Već smo opisali proces fotosinteze, pomoću koje biljke stvaraju ugljikohidrate, (što ih kasnije koriste životinje) na slijedeći način:

$$_nCO_2 + {}_nH_2O + \text{sunčana energija} \xrightarrow{klorofil} (CH_2O)_n + {}_nO_2$$

Riječima: ugljični dioksid + voda + sunčana energija sa katalitičkim djelovanjem klorofila daju ugljikohidrat + kisik. Ovdje $(CH_2O)_n$ predstavlja ugljikohidrate općenito.

Obrat ove reakcije jest oslobađanje sunčane energije iz ugljikohidrata. To je u biti sagorijevanje šećera ili, točnije, oksidacija na ugljični dioksid i vodu. Ta se oksidacija u laboratoriju ne zbiva kod obične temperature. U odsustvu katalizatora moramo grijati šećere na više od 200°C. Tek se onda može osloboditi vezana energija:

$$(CH_2O)_n + {}_nO_2 \xrightarrow{toplina} {}_nCO_2 + {}_nH_2O + \text{energija}.$$

Međutim, životinjski organizam ne mora spaljivati svoj pogonski materijal kod visokih temperatura. Pomoću encima spaljuje velikom brzinom šećer bez buke i plamena. Oslobađanje energije može se izraziti slijedećom jednadžbom, koja je analogna prijašnjoj:

$$(CH_2O)_n + {}_nO2 + {}_nH_2O \xrightarrow{encimi} {}_nCO_2 + {}_nH_2O + \text{energija}.$$

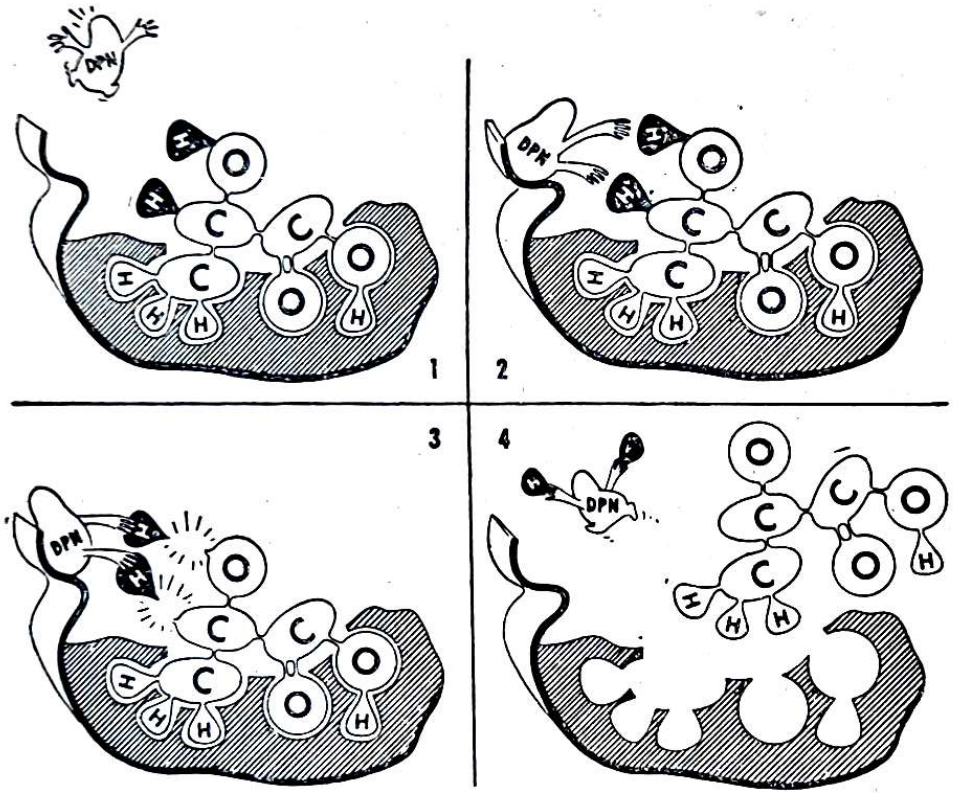
To izgleda jednostavno, ali je to ustvari vrlo zamršen proces, jer se energija oslobađa postepeno, te se mora upotrijebiti

u času i mjestu oslobađanja, kako bi izvršila takve učinke, kao što su mišićno stezanje ili kemijska sinteza. (Sinteza ATP ili CrP sastojaka jedan je od načina čuvanja energije.) Ona se ne može osloboditi kao toplina, koja će se tek kasnije upotrijebiti, nego se mora smjesta utrošiti kao kemijska energija za kemijske učinke. Zato je potrebna suradnja mnogih i raznih supstanca, naročito apoencima i koencima. Za potpuno razumijevanje pojedinih detalja ove naoko jednostavne reakcije, morali bismo pisati stranice i stranice. Reakcija teče postepeno sa mnogim međustepenima između početnih i krajnjih produkata. Te međustepene moramo ispitivati pojedinačno, prije nego što ih možemo sastaviti u gotovu šematsku sliku.

Između glukoze i konačnog produkta ugljičnog dioksida postoje pojedina stanja. Svako od ovih glavnih stanja ima mnogo međustupnjeva, o kojima ćemo kasnije raspravljati. Glukoza sadrži 6 ugljikovih atoma, i prema općoj kemijskoj formuli za ugljikohidrate njena formula glasi $C_6H_{12}O_6$, jer je u ovom slučaju n = 6. Promatramo li sada samo glavne stupnjeve oksidacije glukoze, prvi je stupanj raspadanje glukoze u dvije molekule sa po 3 ugljikova atoma. Pod nekim uvjetima to su dvije molekule mliječne kiseline. Mliječna kiselina je $C_3H_6O_3$, ili izražena formulom koja pokazuje smještaj atoma $CH_3 . CHOH . COOH$. Odstranimo li dva vodikova atoma iz mliječne kiseline, nastaje piruvična kiselina $CH_3 . CO . COOH$. Ovdje je očito središnji ugljikov atom izgubio 2 vodikova atoma, te je nastala keto-grupa CO. Izostavimo li za sada sve složene faktore i stepene, stvara se dalje gubitkom keto-grupe octena kiselina, koja ima samo dva ugljikova atoma, te se piše $CH_3\ COOH$. Krajnji stepen jest oksidacija octene kiseline na dvije molekule CO_2 i dvije molekule H_2O, a za to su očito potrebna dva atoma kisika.

Time smo obuhvatili cijepanje glukoze — molekule od 6 ugljika, do molekule sa 3 ugljika (mliječna ili piruvična kiselina), te zatim do molekule sa 2 ugljikova atoma (octena kiselina) i konačno do molekule sa jednim ugljikom (ugljični dioksid). To se zbiva pomoću dva razna kemijska procesa:

prvo odstranjivanjem vodika, te njegovim spajanjem s kisikom uz stvaranje vode, i drugo, odstranjivanjem ugljika zajedno s kisikom uz stvaranje ugljičnog dioksida. Ta su dva procesa kemijski potpuno različita, i trebaju posebne agense i meha-



Molekula, koja će se oksidirati (na slici mliječna kiselina), mora vjerojatno naći podesno mjesto na površini encima. Kad se tamo pričvrsti, njeni su vodikovi atomi pod napetošću, te ih molekula DPN-a, koja se također privremeno veže na encim, može »podignuti«.

nizme. Međutim, oni se stalno zbivaju tokom metabolizma i svaki se put oslobodi nešto energije.

U svakom od tih stepena encimi su bitni agensi. Njihovo djelovanje prikazat ćemo na jednom međustepenu. Kao primjer uzet ćemo odstranjenje dvaju vodikovih atoma iz mliječne kiseline i postanak piruvične kiseline. Encim prihvaća

vodik, koji kasnije prelazi na kisikov atom. Encim je složen, a sastoji se iz proteinske molekule kao apoencima i vitamina kao koencima, koji su povezani fosfornom kiselinom. Za tu specifičnu reakciju ne moramo poznavati protein apoencima. Koencim je međutim neproteinski kompleks, što ga samo tijelo stvara iz fosfata, riboze (šećer), adenina i nikotinske kiseline, ili nikotin-amida, koji se općenito zove »niacin«, te je jedan od B vitamina. Ti sastojci spojeni zajedno daju koencim difosfopiridin nukleotid. Njegova točna formula nije ovdje važna, jer on djeluje kao cjelina i zove se konvencionalno skraćeno »DPN«. Važno je nadalje spomenuti, da je niacin esencijelan u hrani, jer je potreban za stvaranje DPN-a.

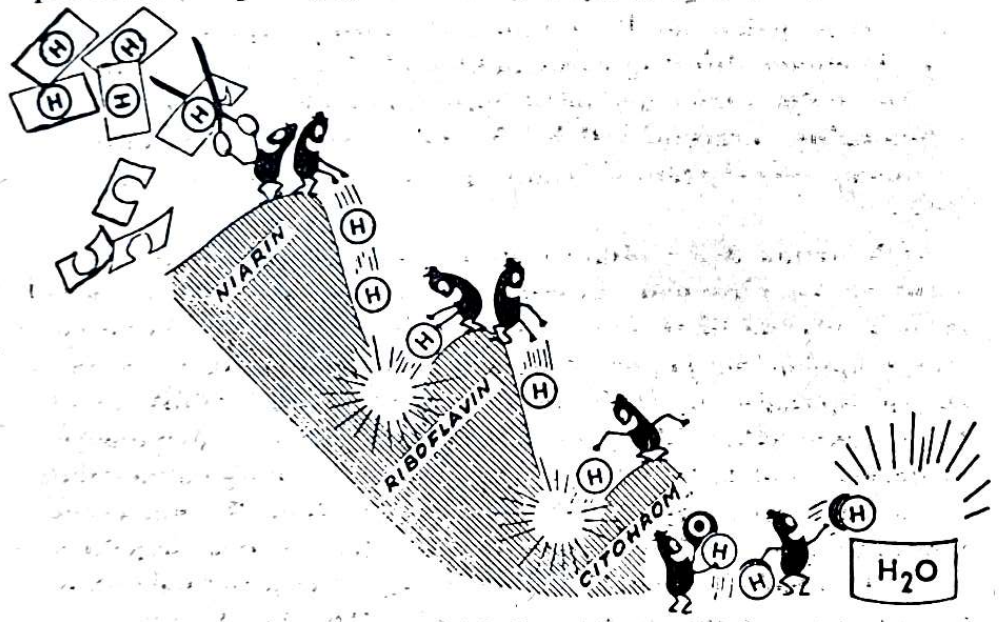
DPN uzima dva vodikova atoma iz mliječne kiseline, te je oksidira na piruvičnu kiselinu. Način, na koji se to vjerojatno zbiva, naslikan je na gornjoj slici. Oblik proteinske molekule apoencima nepoznat je, ali je vjerojatno takav, da omogućuje spajanje sa DPN-om u potpuni encim. Oblik je encima dakle takav, da prihvaća lako, iako samo privremeno, prolazeću molekulu mliječne kiseline sa dva njena postrana lanca, tako da grupa CHOH ostane isključena. U tom uskom kontaktu 2 se vodikova atoma malo olabave i brzo prijeđu na DPN. Oslobađa se mala količina energije, koju odmah iskoristi stanica, u kojoj se sve to događa. Mliječna kiselina sada se oksidira na piruvičnu kiselinu, gubi energiju, možda nešto mijenja i oblik, a u svakom se slučaju brzo odvaja od apoencima.

DPN nabijen sa dva vodikova atoma, t. j. reduciran na $DPNH_2$, odvaja se od proteinskog ostatka i odlazi dalje. Obično, kao što ćemo vidjeti kasnije, prenosi vodik na drugi encimski sistem i tako postaje opet DPN, te se ponovno veže na protein apoencima. Na taj način opet stvara nepromijenjen encim, koji opetovano prolazi isti proces. Kod toga se jedna molekula kiseline oksidira na piruvičnu kiselinu.

No to je samo prvi dio ove reakcije. Što međutim radi $DPNH_2$ sa svoja dva suvišna vodikova atoma i kako se ponovno stvara DPN? Kod te promjene sistem nije nipošto izgu-

bio svu svoju energiju, a vodik je, s druge strane, daleko od toga, da bude u svojoj oksidiranoj formi, t. j. u obliku vode.

Pojavljuje se drugi encim, koji stvara slijedeću stepenicu. Sličan je prvome, samo što je njegov koencim spoj fosfata s riboflavinom, drugim esencijelnim vitaminom hrane. $DPNH_2$ prolazno se spaja s proteinskim dijelom ovoga drugog encima, pri čemu se opet njegovi vodici oslobađaju i prelaze na ribo-



Molekule hrane oksidiraju se (dehidrogeniziraju) otpuštanjem vodikovih atoma. Tako se mliječna kiselina ($C_3H_6O_3$) oksidira na piruvičnu kiselinu ($C_3H_4O_3$). Vodikovi atomi spajaju se po redu sa tri encimska sistema (ti ih sistemi »prihvaćaju«), dok se konačno ne spoje s kisikom stvarajući vodu. Kod svakog se stupnja oslobađa energija u malim količinama, a sam encim mora pridonijeti nešto energije »za početnu akciju«, kako bi pomogao vodiku, da načini energetski »skok«.

flavin, uz oslobađanje energije. Tako se ponovno nastali DPN odmah od njega odvaja i vraća slobodan prvome, i tako može oduzimati iz mliječne kiseline vodik, kao što smo već prije vidjeli. Riboflavin se sa suvišnim vodikom odvaja i predaje svoje vodike slijedećoj karici tog lanca.

Proces postaje neka vrsta živog lanca, prenoseći vodikove atome uzduž linije uz oslobađanje energije prilikom svakog

premještaja. Treća stepenica svršava se molekulom, koja ne sadrži vitamin, već umjesto toga željezo. To je obojeni heminprotein odnosno to su tri heminproteina, koja su prisutna gotovo u svim stanicama, a nazivaju se citohromi, što znači boja stanice. Oni konačno oduzimaju dva vodikova atoma riboflavinu, pri čemu se po treći put oslobađa energija.

Postoji još jedna stepenica. Primajući vodikove atome, željezo se u citohromu reducira u fero-oblik. Sada konačno imamo molekulu, koju kisik može izravno oksidirati, premda mora biti uvijek prisutan encim citohromoksidaza. Kisik se obično nalazi otopljen u staničnim sokovima. Citohromi sada predaju dva vodikova atoma jednom kisiku, i tako nastaje voda. Citohrom se na ovaj način oksidira na feri-oblik, te može ponovno prihvatiti vodik od riboflavin encima. Vodik se konačno potpuno oksidira, oslobađajući na svom putu četiri puta energiju. Nakon toga svaki se od ta tri encima — prvi koji ovisi o niacinu, drugi o riboflavinu i treći o citohromu — vratio u svoje početno stanje, te se nije ni najmanje promijenio u svojim časovitim funkcijama uzimajući i prenoseći vodikove atome. Tako neprestano teče oksidacija mliječne kiseline u piruvičnu, dokle god je potrebna energija. Kako je taj proces upravljan, raspravljat ćemo u šestom poglavlju. Na priloženoj slici prikazan je spomenuti lančani proces oksidacije.

Međutim, to je tek jedna od dviju glavnih reakcija oksidacije, i to odstranjivanje vodika. Drugi — odstranjivanje ugljika oksidacijom na ugljični dioksid, zbiva se slično, premda jednostavnije, samo preko jedne stepenice. U tom je slučaju koencim encima vitamin tiamin, koji je isto tako potreban za dobivanje energije iz hrane, kao i niacin i riboflavin. On je isto tako povezan preko fosfatne grupe na protein stvarajući encim dekarboksilazu. Kao na pr. u dodiru s piruvičnom kiselinom odcjepljuje CO_2 karboksilne grupe — COOH, i dodaje atom kisika ostatku molekule, nastaje octena kiselina. Kao obično, pri tome se oslobađa energija.

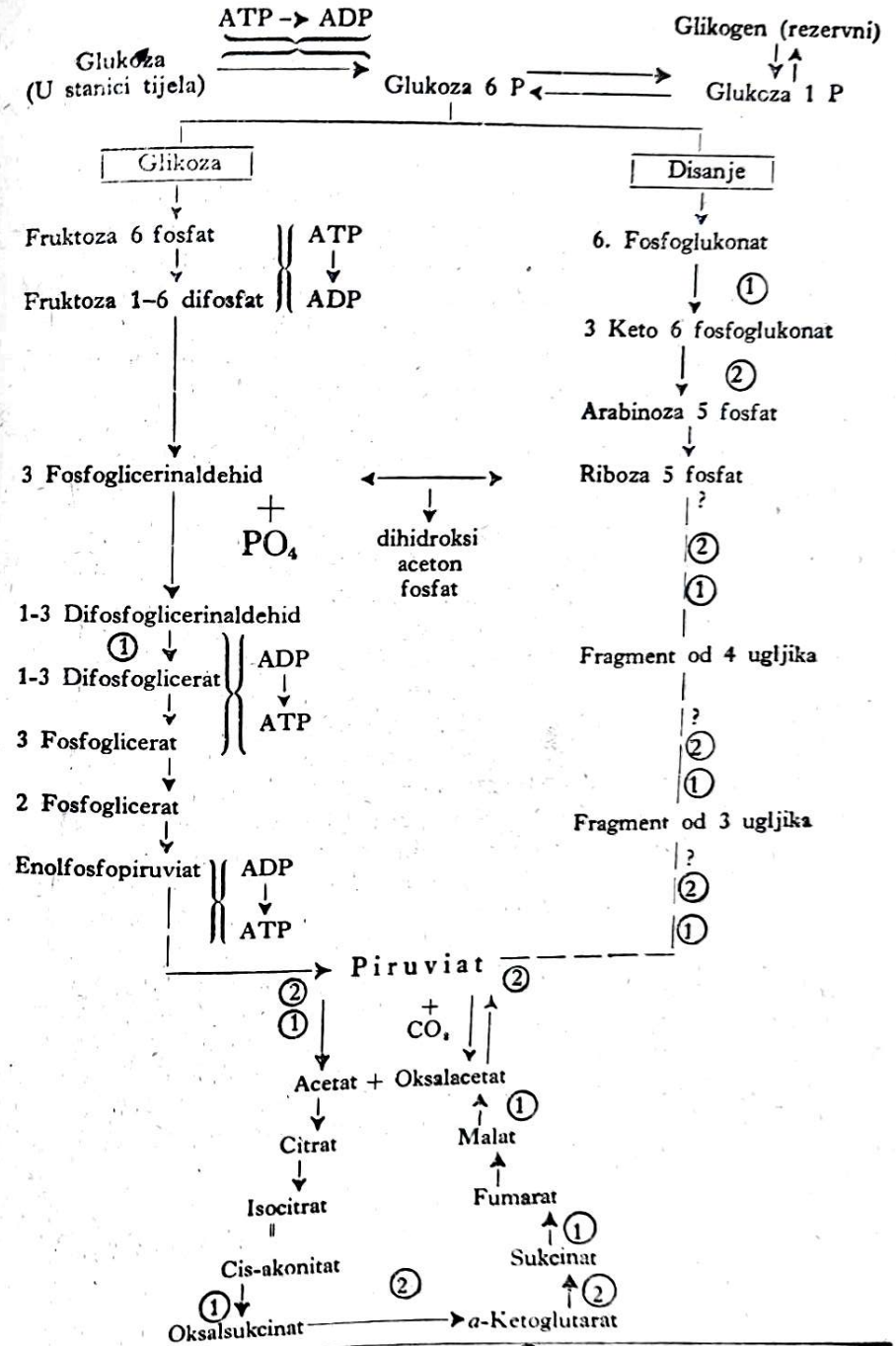
$$CH_3 . CO . COOH + O \xrightarrow[\text{energija}]{\textit{dekarboksilaza}} CH_3 . COOH + CO_2 +$$

Pomoću tih dviju encimatskih reakcija, oslobađa se 85% sunčane energije skupljene u ugljikohidratima kod fotosinteze, koju koriste stanice. Međutim ta je slika još uvijek nepotpuna. Oksidacija mliječne kiseline na piruvičnu kiselinu uzeta je samo kao primjer tih dviju tipičnih reakcija. Ali time nije prikazana potpuno oksidacija glukoze u tjelesnim stanicama. Preostaje nam još dakle, da vidimo, gdje i kako često ulaze takve reakcije u cjelokupni proces.

Zamršeni put promjena, što ih prođe glukoza, šematski je prikazan na priloženoj slici, u kojoj strelica → predstavlja smjer reakcije, dok dvostruka ⇆ predstavlja povratnu reakciju.

Glukoza, pošto je iz krvnog toka ušla u stanicu, pretvara se u glikogen, te se u tom obliku čuva, ili se odmah oksidira. U prvom dijelu oksidacije dolazimo do piruviata na dva načina: anaerobnim, koji se vrši bez prisutnosti slobodnog kisika, i aerobnim, kod kojeg treba biti prisutan slobodni kisik. Piruviati, stvoreni bilo aerobnim ili anaerobnim putem, pretvaraju se u acetate, a acetati opet nizom kemijskih reakcija, poznatih kao oksidativni ili trikarboksilni ciklus, u vodu i CO_2. Broj 1 i 2 na našoj slici odnose se na dvije oksidativne reakcije, koje smo već detaljno razmatrali. Oznaka 1 pokazuje odstranjivanje vodika djelovanjem niacin-riboflavin-citohrom sistema; oznaka 2 pokazuje nam odstranjivanje ugljičnog dioksida pomoću tiamin encima.

Ukupna je reakcija očito suviše zamršena, a da bi o njoj ovdje mogli detaljno raspravljati. Postoji niz raznih puteva, a najmanje deset mogućnosti za stvaranje CO_2 i H_2O. Kako svaka reakcija 1 treba suradnju od 3 encima, a reakcija 2 treba opet druge, to vidimo, da je oksidacija glukoze, prikazana na slici, zapravo labirint vrlo složenih radnja. Kad bi se svaka pojedina količina tokom procesa oslobođene energije pojavila kao blijesak svijetla, cjelina bi bila nalik na božićno drvce. Upravo ti spomenuti procesi osnova su čitava animalnog života bilijuna odvojenih stanica.



Ključ: ① Dehidrogenaza otpušta 2H ② Dekarboksilaza otpušta CO_2

Glukoza se može pretvoriti u piruvičnu kiselinu putem glikolize ili putem oksidacije; piruvična kiselina zatim se oksidira putem trikarboksilnog ciklusa. Noviji radovi pokazuju, da se riboza-fosfat pretvara u trioza-fosfat i jednu »diozu«.

Drugi je primjer pantotenska kiselina, koja sudjeluje pri oksidaciji masnih kiselina, prije nego što one prijeđu na konačni zajednički put u obliku acetata, o čemu smo govorili kod glukoze. Da li biotin djeluje kao koencim ili ne, još je otvoreno pitanje, iako njegova prisutnost znatno ubrzava fermentativno djelovanje kvasca. Čini se, da je također potreban za vezivanje ugljičnog dioksida u nekim životinjskim tkivima i bakterijama. U tom procesu spaja se ugljični dioksid s piruvičnom kiselinom u oksal-octenu kiselinu, što je ujedno i primjer, da ugljični dioksid nije samo otpadni produkt u životinjskom tijelu.

O specifičnom djelovanju drugih u vodi topivih vitamina, odnosno encima, kojima ti vitamini djeluju, manje je poznato. Paraamino benzojeva kiselina poznata je kao preteča i sastojak folne kiseline, jednog od antianemičnih faktora. Iako je vitamin C esencijelan vitamin, potreban za održavanje međustaničnih vezivnih supstanca, ipak još nije dokazana njegova određena uloga pri oslobađanju energije. Vitamin A preteča je retinena, koji je dio vidne boje, važne za vid. Na svijetlu vidno se rumenilo disociira, a ponovno se stvara u odsutnosti svijetla. Vitamin A služi u tom slučaju kao koencim, i prolazi niz kemijskih promjena utjecajem svijetla. Vitamin K je poznat kao faktor kod grušanja krvi. Sintetiziraju ga međutim i bakterije, kod kojih nema grušanja krvi. Za to vjerojatno on ima i drugih, za sada još nepoznatih metabolitskih funkcija. Za vitamin E smatramo da je regulator nekih metabolitskih aktivnosti, ali nam njegova točna funkcija nije poznata. Kod životinja, kojima manjka vitamin E, disanje mišića znatno je ubrzano, a radni im je kapacitet smanjen. S dodatkom vitamina E vraća se normalno stanje. U većini, ako ne u svim slučajevima, vitamini djeluju kao koencimi, što se vidi iz gore navedenih primjera.

ANTIVITAMINI

Moraju se spomenuti i novootkrivene, odnosno sintetizirane supstance, koje doduše nisu toliko važne u normalnoj prehrani, ali koje inaktiviraju vitamine, tako da dolazi do avitaminoza, iako primamo dovoljne količine vitamina. Pelagra je na pr. bolest, koja nastaje zbog pomanjkanja niacina, i lako se izliječi dodatkom niacina hrani. Ako je žito glavni dio hrane, možemo ozbiljno oboljeti od pelagre, iako primamo niacin u dovoljnim količinama. Novija su otkrića pokazala, da je to zbog nekog, za sada nepoznatog faktora u žitu, koji sprečava niacin da djeluje kao koencim. Čini se, da taj faktor lako zauzme mjesto niacina u encimu, ali nema sposobnosti prenošenja vodika, što je inače niacinova funkcija. Slično je nađena u bjelancetu jajeta supstanca, koja se zove avidin, a sprečava djelovanje biotina. Uzimanje velikih količina sirovog bjelanjka uzrokuje pomanjkanje biotina. Ti su učinci važni i u medicinskoj praksi. Vitamin K, potreban za grušanje krvi, upotrebljava se za sprečavanje suvišnog krvarenja kod stanovitih kirurških operacija. Obrnuto se pak antivitamin Dikumarol upotrebljava, želi li se spriječiti opasnost stvaranja nepoželjnih krvnih grumena. Ponašanje krvi mogu liječnici danas upravljati u oba pravca. Dikumarol se u prirodi stvara u svježe pokošenoj djetelini. Stoka, koja ju jede, može dobiti opasne izljeve krvi.

Niacin, tiamin, askorbinska kiselina, pantotenska kiselina, vitamin E i vitamin A imaju također odgovarajuće antivitamine. Međutim te su sastojine rijetke, te iako dolaze u hrani, ne postoji opasnost od avitaminoze. Ustvari, mnogi su od tih antivitamina bili namjerno sintetizirani u laboratorijama u svrhu istraživanja. Njihova je molekula slična vitaminu kako po obliku, tako i po odgovarajućim svojstvima, te može zauzeti njegovo radno mjesto i tako ga istisnuti. Dolazi do stanja, prema onoj narodnoj »niti kost glođe, niti je drugom daje«, jer antivitamin ne može preuzeti ulogu vitamina, iako je na njegovu mjestu, a vitamin opet ne može djelovati izvan svog mjesta. Zbog toga je normalno djelovanje vitamina naglo zaustavljeno, te se gomilaju supstance, koje bi se inače dalje pretvarale. Istraživač može sve to kemijski pratiti i ustanoviti način djelovanja vitamina.

RAZLIČITE FUNKCIJE ENCIMA

Koencimi, niacin, riboflavin i tiamin, sudjeluju također u oksidaciji masti i aminokiselina. Naime, kao što smo rekli u četvrtom poglavlju, iz masti i proteina nastaju također piruviati, slično kao i iz tvari, koje potječu od glukoze.

Ostali B vitamini također sudjeluju u drugim procesima oslobađanja energije. U tabeli IV. naveden je niz koencima s odgovarajućim sastojcima hrane. O njihovim reakcijama ne moramo ovdje detaljno govoriti, jer su u biti slične reakcijama vitamina, koji djeluju kao koencimi prenoseći reaktivne grupe atoma od jednog spoja na drugi.

Tabela 4

Hranjivi sastojci — izvori važnih koencima

Koencimi		Hranjivi sastojci, koje tijelo treba za sintezu koencima
Kemijski naziv	Kratica	
Difosfopiridin nukleotid	DPN	Niacin, aminokiseline, fosfati
Trifosfopiridin nukleotid	TPN	Niacin, aminokiseline, fosfati
Difosfotiamin	DPT	Tiamin, fosfati, magnezij
Aloksazinoadenin nukleotidi	Flavini	Riboflavin, aminokiseline, fosfati
Sistem adenilne kiseline	AMP, ADP, ATP	Aminokiseline, fosfati

Pokazat ćemo to na nizu primjera. Piridoksin sudjeluje u transaminaciji, kojom se, kao što je rečeno u četvrtom poglavlju, sintetiziraju nove aminokiseline iz starih. Piridoksin služi ovdje kao prenosilac amino-grupe, isto tako kao što niacin, riboflavin i citohromi djeluju kao prenosioci vodika.

POSLJEDICE HIPOVITAMINOZE

Klinička je primjena današnjeg povelikog, ali još uvijek nepotpunog znanja o koencimima, još uvijek u početnom razvoju. Međutim liječnici imaju u novije vrijeme već znatna iskustva s nekim bolestima, koje se razvijaju uslijed pomanjkanja vitamina, t. j. encima.

Energija je potrebna za sve fiziološke procese, kao na pr. za kucanje srca, za stezanje mišića, provođenje živčanih poticaja, reprodukciju i izlučivanje mokraće. Energija je potrebna ne samo za sve te fiziološke procese, već i za održavanje normalne strukture svih živih stanica. Kao što je bilo iznešeno u četvrtom poglavlju, svaka je stanica u dinamičnom stanju, te se stalno razgrađuje i izgrađuje, dokle god živi. Energija je potrebna za proces obnavljanja. Pomanjkanje vitamina sprečava oslobađanje energije, te se procesi obnavljanja moraju nužno usporiti ili zaustaviti. Zaustave li se ti procesi na dulje vrijeme, stanica ugiba. Ugine li više stanica, ugine i tijelo.

Liječnici, koji se tim pitanjem bave, mogu često zapaziti vanjske i površinske promjene, koje nastaju kod pacijenata, kojima nedostaju vitamini i encimi. Tako kod pomanjkanja riboflavina nastaju pukotine u kutovima ustiju, a u bjeloočnici oka stvaraju se nove krvne žilice. Pomanjkanje niacina u razvijenoj kroničnoj formi (pelagra) pokazuje najprije žestoko crvenilo jezika, uz gubitak bradavica, i upalu kože na mjestima, koja su izložena suncu, nečistoći, toplini i trenju. Pomanjkanje tiamina izaziva stanoviti tip upale živaca, slabost srca i potkožno skupljanje tekućine u pojedinim dijelovima tijela. Pomanjkanje vitamina A prouzrokuje sušenje i hrapavost kože, te slične smetnje epitela sinusa, bronhija, bubrega i provodnih kanala stanovitih drugih žljezdanih kanala. Ti se simptomi pojavljuju u Americi kod približno 10% školske djece, a vjerojatno i u većem procentu kod odraslih, iako ne uvijek u tako razvijenom obliku, da bi to nestručnjak mogao zapaziti.

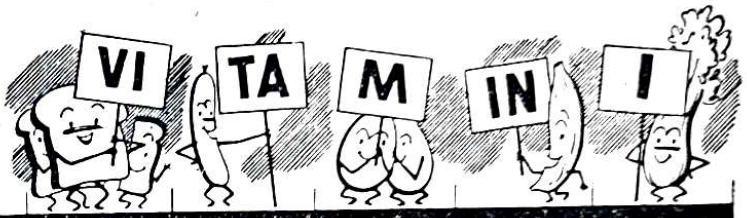
Od veće su praktične važnosti biokemijske smetnje i osjećaj slabosti, koji prethodi i koji prati vidljiva pogoršanja i oboljenja. Simptomi su slabost, brzo umaranje, loša stolica, gubitak apetita, glavobolja, nesanica, prekomjerna razdražljivost, depresija, nesposobnost koncentracije, čudni osjećaj u prstima na ruci i nozi, upala jezika, vjetrovi i mnogi drugi tjelesni osjećaji neugodnosti. Ti se simptomi općenito ocjenjuju kao nervoza, neurastenija ili čak kao puko utvaranje. Velik broj simptona lako ćemo shvatiti, uzmemo li u obzir ulogu vitamina pri oslobađanju energije, te njihovu važnost u svim fiziološkim procesima, uključivši i obnavljanje stanica. Vitamini su prijeko potrebni za encime, a encimi su opet pravi djelotvorni agensi čitava životnog procesa.

IZVORI VITAMINA

Normalni je izvor hrana, koju jedemo. Jedini je izuzetak vitamin, D koji se stvara u koži, ako je izložimo suncu. Količina vitamina, koju dnevno trebamo, vrlo je mala, ali je zato neophodna. Primanjem vitamina mora se dakle nadoknaditi samo gubitak izazvan trošenjem, kako se koencimi, u koje su ti vitamini ugrađeni, ne bi istrošili za vrijeme svog rada. »Dnevna potreba« ne znači, da se pojedini vitamini moraju nalaziti u hrani svaki dan. Čovječje tijelo ima osiguranje — rezervu esencielnih sastojina. Ta se rezerva stvara u vrijeme obilja, te može biti vrlo velika. Kada se radi o vitaminu A, na pr., dobro hranjen odrastao čovjek troši nekoliko mjeseci rezervu iz jetre. S druge strane, rezerva je vitamina, na pr. tiamina, vrlo mala, tako da se kod potpunog nedostatka tiamina rezerve potroše za nekoliko dana. Dnevna je potreba prema tome količina, koja se troši svaki dan. Primamo li dnevno prosječno manje, nego što trošimo, rezerve se iscrpe, a kao posljedica toga nastupe bolesti hipovitaminoze.

Potrebna dnevna količina pojedinog vitamina različita je za svaku osobu. Dok neki ljudi na pr. trebaju samo 0,12 mg tiamina na svakih 1000 kalorija pojedine hrane, drugi trebaju 0,45 mg. Prosječna je potreba oko 0,35 mg. Zbog toga nije dovoljno, da pojedinac uzima samo prosjek, jer za sada ne

možemo praktički ustanoviti, da li su njegove potrebe iznad prosjeka. Ako je njegova potreba iznad prosječne, a uzima samo prosjek, obolit će isto tako sigurno, kao kad bi njegova potreba bila prosječna, a on uzima ispod prosjeka. Zato »Ured



A	25	20	200	350	
B_1	0.24	0.35	0.12	0.09	0.12
B_2	0.14	0.43	0.34	0.06	0.15
niacin	2.20	0.30	0.10	0.60	5.20
C		17.00	7.00	10.00	
D			200		

Ovdje je prikazan sadržaj vitamina u 100 g hrane, i to za pet karakterističnih namirnica: kruh, meso, jaja, voće i povrće. Vrijednosti za karotin (A) i kalciferol (D) izražene su u internacionalnim jedinicama; vrijednosti za tiamin (B_1), riboflavin (B_2), niacin i askorbinsku kiselinu (C) izražene su u miligramima.

za hranu i prehranu nacionalnog istraživačkog savjeta« (Food and Nutrition Board of the National Research Council) preporučuje doze nešto iznad prosječnih potreba normalnih ljudi. Te količine daju garanciju sigurnosti i za ljude, koji imaju nadprosječne potrebe. Da bismo praktično zaključili ovo izlaganje, prikazali smo te količine na tabeli 5.

TABELA 5

DNEVNE KOLIČINE KALORIJA PROTEINA, NEKIH VITAMINA I MINERALA, KOJE SE PREPORUČUJU x (MINISTARSTVO PREHRANE, NACIONALNI ISTRAŽIVAČKI SAVJET, PREISPITANO GODINE 1948)
(FOOD AND NUTRITION BOARD, NATIONAL RESEARCH COUNCIL, REVISED, 1948)

	Kalorija +	Protein (gr)	Kalcij (gr)	Željezo (mg)	Vitamin A** (I. J.)	Tiamin ‖ (mg)	Riboflavin ‖ (mg)	Niacin (nikotinska kiselina) ‖ (mg)	Askorbinska kiselina (mg)	Vitamin A (I. J.)
Muškarac (154 lb., 70 kg):										
U mirovanju	2.400	70	1,0	12	5.000	1,2	1,8	12	75	//
U fizičkoj aktivnosti ..	3.000	70	1,0	12	5.000	1,5	1,8	15	75	//
Kod teškog rada	4.500	70	1,0	12	5.000	1,8	1,8	18	75	//
Žene (123 lb., 56 kg):										
U mirovanju ....,..	2.000	60	1,0	12	5.000	1,0	1,5	10	70	//
umjereno aktivne.....	2.400	60	1,0	12	5.000	1,2	1,5	12	70	//
Vrlo aktivne	3.000	60	1,0	12	5.000	1,5	1,5	15	70	//
U trudnoći (druga polovica trudnoće	2.400**	85	1,5	15	6.000	1,5	2.5	15	100	400
Kod dojenja	3.000	100	2,0	15	8.000	1,5	3,0	15	150	400

x Cilj, kojem treba težiti u planiranju praktične prehrane: Količine hranjivih sastojaka, koje se preporučuju, mogu se dobiti raznolikom običnom hranom. Tom hranom primamo i druge minerale i vitamine, čije su potrebe manje poznate.

+ Količine kalorija moraju se prilagoditi specifičnim potrebama. Kalorične vrijednosti u tabeli ne mogu se zato primijeniti na sve pojedince, nego predstavljaju srednju prosječnu vrijednost. Točna količina kalorija je ona, koja kroz dulji period održava tjelesnu težinu ili brzinu rasta na razini, koja najviše doprinosi, da se tijelo dobro osjeća.

** Te vrijednosti ovise o relativnim količinama vitamina A i karotina. Vrijednosti u tabeli baziraju se na pretpostavci, da približno dvije trećine vitamina A u prosječnom obroku potječu od karotina i da karotini predstavljaju polovicu odnosno manje od polovine vrijednosti vitamina A.

‖ Kod odraslih (osim trudnica i dojilja), koji primaju obroke od 2.555 kalorija ili manje, kao što je to slučaj kod smanjenih obroka, obroci mogu sadržavati 1 mg ili 10 mg tiamina i niacina. Činjenica, da su brojke za tiamin i niacin date za razne količine kalorija, ne znači, da možemo procijeniti njihovu potrebu unutar 500 kalorija, već je to učinjeno više radi jednostavnosti računanja. Naš pregled potrebnih količina riboflavina bazira više na tjelesnoj težini, nego na visini kalorija. I ostali su članovi B-kompleksa potrebni, ali njihove vrijednosti ne možemo prikazati. Hrana, koja sadrži odgovarajuće količine tiamina, riboflavina i niacina, može opskrbiti tijelo i dovoljnim količinama ostalih B-vitamina.

// Ovdje se vidi, da odrasli muškarac treba relativno malo željeza. Potrebe će biti obično podmirene, ako obrok inače zadovoljava.

// Potreba za dodatnim vitaminom D čini se da je minimalna kod odraslih i jakih ljudi, koji žive normalnim životom. Za osobe, koje rade noću, ili za opatice i ostale, koje odjeća štiit od sunčanog svijetla, kao i za postarije osobe, preporuča se uzimanje manjih količina vitamina D.

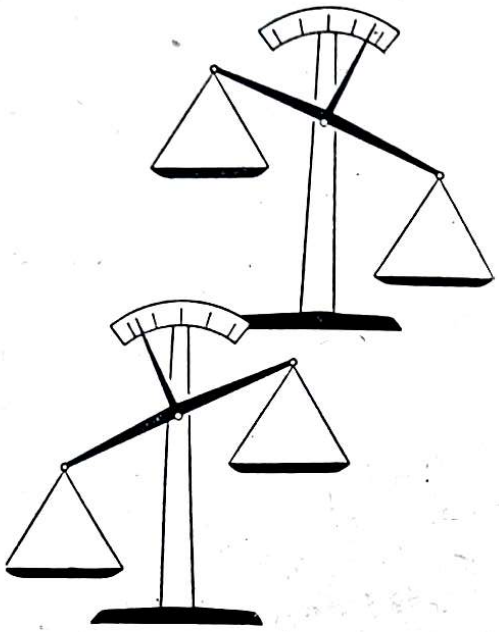
** Prema kraju trudnoće moraju se količine kalorija povećati približno za 20% iznad prijašnje razine. Trudna žena u mirovanju treba oko 2.400 kalorija.

TABELA 5—*Nastavak*

	Kalorije +	protein (gr)	Kalcij (gr)	Željezo (mg)	Vitamin A* (I. J.)	Tiamin (mg)	Riboflavin (mg)	Niacin (nikotinska kiselina) (mg)	Askorbinska kiselina (mg)	Vitam D (I. J.)
Dijete do 12 godina: ++										
Ispod 1 godine *	110/2.2 lb. (1 kg)	3.5/2.2 lb. (1 kg)	1.0	6	1.500	0.4	0.6	4	30	400
1–3 godine (27 lb., 12 kg) ..	1.200	40	1.0	7	2.000	0.6	0.9	6	35	400
4–6 godine (42 lb., 19 kg) ..	1.600	50	1.0	8	2.500	0.8	1.2	8	50	400
7–9 godina (58 lb., 26 kg) ..	2.000	60	1.0	10	3.500	1.0	1.5	10	60	400
10–12 godina (78 lb., 35 kg)	2.500	70	1.2	12	4.500	1.2	1.8	12	75	400
Djeca preko 12 godina: *										
Djevojčice										
13–15 godina (108 lb., 49 kg)	2.600	80	1.3	15	5.000	1.3	2.0	13	80	400
16–20 godina (122 lb., 55 kg)	2.400	75	1.0	15	5.000	1.2	1.8	12	80	400
Dječaci										
13–15 godina (108 lb., 49 kg)	3.200	85	1.4	15	5.000	1.5	2.0	15	90	400
16–20 godina (1041 lb., 64 kg)	3.800	100	1.4	55	6.000	1.7	2.5	17	100	400

++ Potrebe za djecu baziraju na potrebama srednjih godišta u svakoj grupi (kao 2, 5, 8 i t. d.) i odnose se na umjerenu aktivnost i srednju težinu prosječnih godišta starosne grupe.

* Potrebe djece rastu od mjeseca do mjeseca s veličinom i aktivnošću. Gornje količine vrijede približno za djecu od 6—8 mjeseci. Potrebe za hranjivim sastojcima, kao što su to proteini i kalcij, manje su, ako se oni primaju s majčinim mlijekom.



ŠESTO POGLAVLJE

Regulacija staničnog metabolizma

U živoj se stanici odvija nevjerojatno velik broj različitih kemijskih reakcija: encimski sistemi, koji potiču te reakcije, isto su tako vrlo složeni, o čemu smo govorili u petom poglavlju. Ali uz taj savršeni mehanizam metabolizma postoji još i sistem, koji određuje zbivanje reakcija u času i na mjestu, gdje su potrebne kao i njihovo trajanje, dok radnja nije izvršena. Taj sistem upravljanja proizvodnjom energije za trenutne potrebe tijela, drugim riječima, ne samo da štiti život tijela, već mu omogućuje prilagođavanje na vrućinu i zimu, glad i obilje, na prekomjerni rad, povrede i bolesti, tako da život teče gotovo mirno i često nesvijesno usprkos nevjerojatnim smetnjama i opasnostima. Encimi vrše svoj posao baš

onoliko, koliko je potrebno, bez obzira da li tijelo miruje ili radi, bdi ili spava. Osjetljivi mehanizam, koji upravlja staničnim metabolizmom, važno je razumjeti, i zato ćemo u ovom poglavlju govoriti o tome.

Poznato je da ljudsko tijelo ima uređaje, pomoću kojih se prilagođuje na promjene okoline. Savjesna majka stavlja svoje dijete u krevet, ako mu se temperatura popne znatno iznad 37°C, što pokazuje, da se temperatura kreće unutar uskih granica kod zdrave djece i odraslih. Hipohondar, koji preplašen drži svoj sat i mjeri puls, svijestan je, da zdravo normalno srce kuca 72 puta u minuti. Ta se brzina poremećuje samo kratkotrajno kod naglih kretnji ili uzbuđenja, te se vraća u normalno stanje, čim pritisak popusti.

Imamo i drugih manje očitih primjera o uskim granicama aktivnosti i koncentracije tjelesnih sokova, što nam mogu pokazati foziolozi i liječnici. To su »normalni« krvni pritisak, »normalna« brzina bazalnog metabolizma, »normalni« volumen krvi i »normalna« koncentracija šećera, proteina, kalcija i natrijskog klorida u krvi. Očito je i nakon malo razmišljanja, da su sve te brzine i koncentracije upravljane ne samo pojedinačno, nego i međusobno. Kako bi inače mogla većina djece rasti stanovitom srednjom brzinom, a mnogi odrasli održavati približno istu tjelesnu težinu kroz duži niz godina?

Ta je stalnost brzina i koncentracija, kako dijelova tako i cjeline, još značajnija, uzmemo li u obzir stalne i česte poremećaje i promjene okoline. Mnoge su od tih promjena same po sebi »normalne«. Dnevno jedemo tri puta, za doručak, ručak i večeru, i time prouzrokujemo samo časovite poremećaje koncentracije hranjivih sastojaka u krvi. Vodu uživamo neredovito, pa ipak se sadržaj vode samo malo mijenja u krvi i tkivima u toku 24 sata. U mnogim dijelovima svijeta temperatura se znatno mijenja tokom dana, dok su drugdje opet velike promjene temperature tokom godišnjih doba, pa ipak to ne utječe na temperaturu tijela toplokrvnih životinja, kao što je čovjek. Navest ćemo i druge primjere. Mišić, pobuđen na aktivnost iz stanja mirovanja, može trošiti preko 30 puta

više energije, nego kad miruje. Energija se prvenstveno stvara brzom oksidacijom šećera u krvi, dok koncentracija šećera u krvi za vrijeme snažnog mišićnog rada nije znatno niža od one za vrijeme spavanja. Mehanizam, koji time upravlja, radi dakle brzo i sigurno.

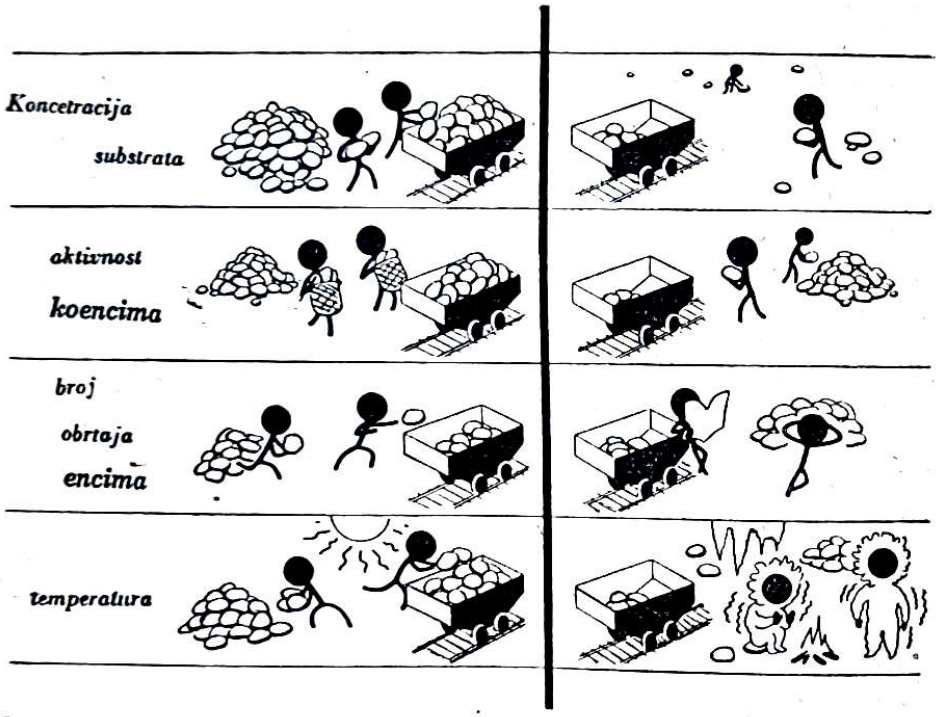
UPRAVLJANJE STANICOM I UNUTAR STANICE

Da bismo razumjeli prirodu procesa upravljanja, najbolje je, da ih najprije pojedinačno analiziramo, a onda analizirane dijelove opet sastavimo. Lakše je najprije istražiti svojstva i način djelovanja pojedinih izdvojenih encimskih reakcija, kao osnovu za razumijevanje složenih uređaja za upravljanje. Međutim analiza pojedinih dijelova biološke strukture, kao na pr. stanice, ima mnogo nedostataka, ali i očitih prednosti zbog veće jednostavnosti. Može se općenito reći, da rezultati i zaključci pokusa *in vitro* pokazuju samo, da ti fenomeni mogu biti važni za stanicu ili tijelo kao cjelinu. Ali stepen važnosti, odnosno točnu ulogu takvih fenomena u složenijem organizmu, možemo dobiti samo promatranjem složenih fizioloških stanja. Građevni inženjer ima sličnih poteškoća, jer, iako su građevne osobine pojedine cigle važne, ipak se one mijenjaju kvalitativno i kvantitativno kod stavljanja tih cigla u kuću kao cjelinu. Strukturna vrijednost kuće nije jednostavna aritmetička suma svojstava sastavnih dijelova.

S obzirom na gore rečeno, oksidacija je mliječne kiseline u piruvičnu pomoću DPN, o kojoj smo govorili u petom poglavlju, primjer encimatske reakcije, koja mora biti i koja jeste osjetljivo upravljana prema momentalnim energetskim potrebama tijela. Taj rad vrši vrlo mala količina proteina — DPN — encima, koji, spajajući se brzo s mliječnom kiselinom ili bilo kojim »supstratom« — materijalom na kojeg djeluje — oduzima vodikove atome, predaje ih slijedećem encimu u nizu, te se ponovno vraća po nove vodikove atome. Broj, koji pokazuje, koliko se puta na minuti proteinska molekula može spojiti sa supstratom, zove se »broj obrta«.

Brzina encimatske aktivnosti ovisi očito o količinama prisutnog supstrata odnosno DPN. Optimalna koncentracija mliječne kiseline i DPN po molekuli encima određuje »kapacitet obrta« encimske molekule. Zato će brzine metabolitskih promjena u tijelu, kao cjelini, ovisjeti o koncentraciji tih supstanca u sokovima i tkivima, što se općenito naziva njihovom »razinom«. Nije dakle čudo, da je koncentracija šećera u krvi jedan od faktora, koji upravlja količinom ugljikohidrata, koju tijelo iskorišćuje. Povećanje koncentracije šećera u krvi uslijed apsorpcije ugljikohidrata, potiče encimski sistem, koji upravlja pretvorbom šećera. Stvarni se učinak sastoji u uspostavljanju »normalne« koncentracije u vrlo kratkom vremenu. Vratimo se na naš primjer. Očito je, da na brzinu reakcije utječe i koncentracija encima. Nisu nam još poznati faktori, koji određuju količinu pojedinog encimatskog proteina u stanici. Kronično pomanjkanje proteina u hrani sigurno dovodi do osiromašenja proteina u tkivima i tako do smanjenja svih metabolitskih reakcija, koje su ovisne o encimima. Koencim DPN potreban za oksidaciju mliječne kiseline nije protein, nego spoj fosfata, riboze (šećer), adenina i niacina (nikotinske kiseline); potrebne su prilično velike količine tih građevnih sastojaka, kako bi se osigurala optimalna količina DPN. Budući da je niacin jedan od vitamina grupe B, moramo hranom primati dovoljno vitamina i minerala za održavanje važnih metabolitskih reakcija. Osim koncentracije encimskog proteina, koencima i supstrata, postoje i drugi faktori, koji utječu na aktivnost izoliranog encimskog sistema. To su pH i temperatura. pH je relativna kiselost odnosno alkaličnost vodenog medija, u kojem se reakcija zbiva. Većina encima najbolje djeluje kod pH, koji je nešto alkalniji od čiste vode (između 7 i 8). Međutim sistemi, kao pepsin želuca, trebaju veću kiselost. Drugi opet, kao alkalična fosfataza važna za stvaranje kostiju, treba još alkalniji medij. Što se tiče temperture, opće je pravilo, da se povećanjem temperature ubrzavaju kemijske promjene. Poznato je, da groznica ubrzava reakcije, i grozničav pojedinac troši više kisika. Međutim proteini su sami po sebi osjetljivi

na porast temperature, tako da se neki encimski proteini inaktiviraju, ako se temperatura popne samo par stepeni iznad normale. Groznica od 41 do 42°C postaje nepodnošljiva za život, djelomično zato, što su oštećeni proteini encima, te su na taj način usporene ili zaustavljene reakcije, koje oni kataliziraju.



Četiri uvjeta o kojima ovisi brzina encimatskih reakcija.

Taj je izolirani sistem reakcijâ primjer nekih osnovnih faktora, koji su uključeni u metabolitske reakcije. Iako je studij izdvojenih sistema koristan, on je nepotpun i umjetan, jer su pojedini encimski sistemi u živoj stanici samo mali dio složenog niza procesa, od kojih svaki može promijeniti aktivnost jednog ili više drugih. Zato je u epruveti oksidacija mliječne kiseline na piruvičnu kiselinu vrlo burna, ali brzo staje, iako je preostala velika količina mliječne kiseline netaknuta. Tome su uzrok najmanje dva faktora. Prvi je količina DPN,

što smo ga u početku stavili u smjesu. Čim se sve molekule DPN reduciraju na $DPNH_2$, mliječna kiselina nema više primaoca za vodik, i reakcija stane.

Drugi je faktor postanak konačnog produkta — piruvične kiseline. Svi encimski sistemi kataliziraju reakciju u oba smjera:

Mliječna kiselina + DPN $\rightleftarrows$ piruvična kiselina + DPN. H_2. Nakupljanje male količine piruvične kiseline i DPN . H_2 pokreće reakciju u protivnom smjeru. Zbog toga se u takvu izoliranom sistemu oksidira samo mala količina mliječne kiseline. U netaknutoj se stanici, međutim, može mliječna kiselina potpuno oksidirati. Ovdje reakcija ne stane, dok nije potpuno završena.

Uvjete u netaknutoj stanici možemo pokazati složenijim modelom — vodenim ekstraktom tkiva — na pr. srčanog mišića. Taj ekstrakt tkiva sadrži encimski sistem, koji oksidira mliječnu kiselinu i »laktate«. (Uzgred rečeno, termini »mliječna kiselina« i »laktati« mogu se međusobno zamijeniti isto tako, kao i termini »piruvična kiselina« i »piruviati« i t. d.). Mliječna je kiselina, dakako, vodikov laktat, te gotovo nema razlike, da li se laktat smatra kao vodikov ili na pr. natrijski spoj. U jednom se i drugom slučaju oksidira laktatni dio molekule, odnosno laktatni ion. Pod općenitim terminima kao »laktati«, »piruviati« i »acetati« podrazumijevamo i odgovarajuće kiseline.

Ekstrakt mišićnog tkiva međutim ne sadrži samo encim, koji oksidira laktate, nego i bezbroj drugih encima i koencima. Tek zajedničkim djelovanjem svih tih encima može se izvršiti potpuna oksidacija. To smo već prikazali nizom reakcija u petom poglavlju. Preostaje nam, da ovdje razmotrimo, zašto se to tako zbiva.

Kao što smo vidjeli, reakcija staje na prvoj stepenici, i to djelomično zato, što se nagomilava DPN . H_2, koji pospješuje suprotnu reakciju. Tako dolazi do ravnoteže umjesto do završetka reakcije. Do te ravnoteže ne može doći u ekstraktu tkiva, zbog prisutnosti drugih encima, koji sprečavaju nagomilavanje DPN . H_2. Kao što smo vidjeli u petom poglavlju,

riboflavin-encim preuzima vodikove atome od DPN.H_2, te tako nastaje opet DPN. Time je onemogućena reakcija u obrnutome smjeru, a istovremeno se stvara DPN, koji ponovno reagira s laktatom. Tako se stalnim odstranjivanjem DPN.H_2 i stalnim obnavljanjem DPN sprečava povratna reakcija, te se laktat potpuno oksidira na piruviat. Prema tome se u prisutnosti riboflavina u ekstraktu, stvaraju sasvim drugi uvjeti, nego kad upotrebimo čisti laktat i čisti DPN.

Treba spomenuti, da su kod riboflavin-encima moguće povratne reakcije i uspostavljanje ravnoteže. To je međutim spriječeno prisustvom citohroma, koji odmah preuzimaju vodikove atome od riboflavina i onemogućuju suprotnu reakciju. Na taj je način čitav taj lanac stimuliran, dok se na kraju vodikovi atomi ne predaju kisikovu atomu, koji ih čvrsto veže u vodu, pošto je sva potencijalna energija oslobođena, te nema više mogućnosti za suprotne reakcije. Voda je posljednja »jama«, iz koje se vodik više ne vraća. Tako se čitav lanac reakcija završi, a laktati se pretvore u piruviate.

Vratimo se sada reverzibilnoj laktat-piruviat-reakciji i ponovimo je:

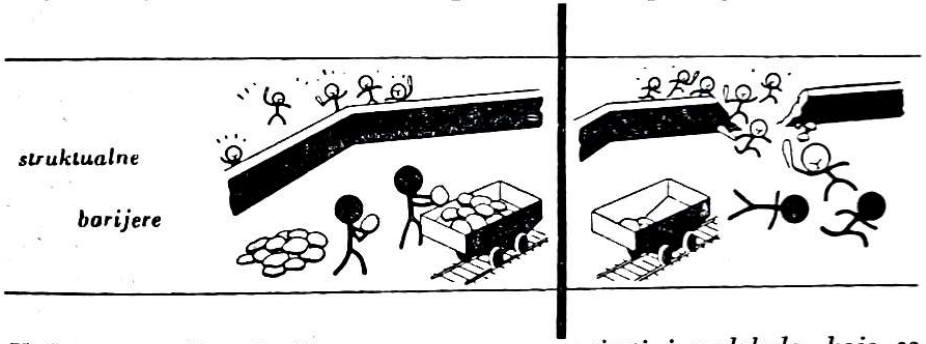
Laktati + DPN $\rightleftarrows$ Piruviati + DNP H_2.

Teče li reakcija na desno, očito se stvaraju piruviati, koji mogu opet pokrenuti reakciju u protivnom smjeru. To bi se i dogodilo, kad ekstrakt tkiva ne bi sadržavao daljnje encime, koji odstranjuju piruviate. To je opisano u petom poglavlju. Kao što smo rekli, encim izgrađen od proteina i amina, povezan sa fosfornom grupom, odcjepljuje ugljični dioksid iz piruviata i stvara acetate. U biti spomenuti encim sprečava nagomilavanje piruviata i tako omogućuje potpunost laktat-piruviat- reakcije.

Ovaj prikaz o toku reakcija u ekstraktu tkiva, a ne sa čistim kemikalijama, prikazuje nam učinak niza reakcija, koje se zbivaju istodobno i utječu jedna na drugu, t. j. potrebne su jedna drugoj. Ekstrakt nam tkiva međutim još uvijek ne može dati potpunu sliku stanja u živoj stanici, niti su rezultati pokusa sa ekstraktom tkiva jednaki reakcijama u stanici. Tako je na pr. početna brzina reakcija u ekstraktu tkiva veća nego

u stanici, ali se odmah uspori, pa čak i stane, kao što smo vidjeli u prošlom poglavlju. U živoj stanici međutim reakcija teče stalno odmjereno i određenom brzinom. U ekstraktu tkiva postoji očito još nešto, što usporuje reakciju.

Preparacijom se ekstrakta tkiva oslobađaju i drugi encimi, koji djeluju štetno. Ti nepoželjni gosti u ekstraktu jesu encimi, koji cijepaju molekulu DPN u sastavne dijelove ili pak proteinske aminokiseline. U svakom slučaju dolazi do brzog oštećenja laktat-piruviat-encimatskog sistema. Brzina oksidacije mliječne kiseline opada, a zatim reakcija stane. U nepovrijeđenoj stanici također su prisutni ti nepoželjni encimi, ali



Kada se stanične barijere otvore, mogu reagirati i molekule, koje se normalno drže po strani. To se događa, kad se stanice stimuliraju, ili kod povrede stanica, kao na primjer u staničnim ekstraktima, kad neki encimi mogu razoriti druge.

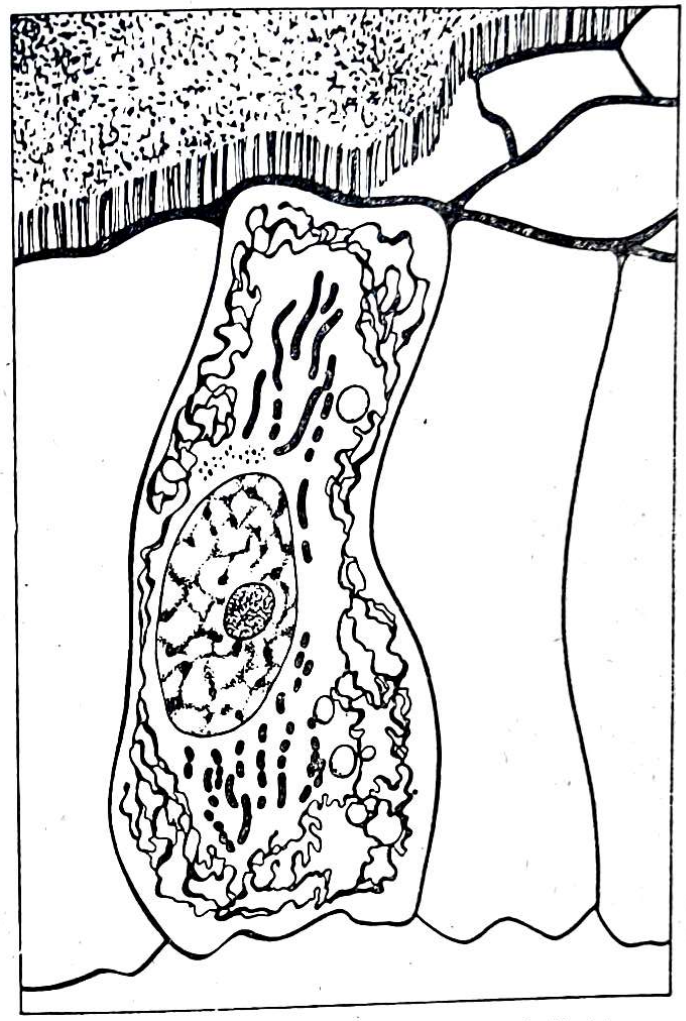
su očito na neki način blokirani: bilo da su smješteni na stanovite udaljenosti od sistema mliječne kiseline, tako da je onemogućen dodir, bilo da su prisutni u nekom inaktivnom obliku, koji se mijenja tokom postupka ekstrakcije.

Postoje još druge značajne razlike između reakcija u samim stanicama i ekstraktima. Većina aktivnih proteina kao što su to encimi, sadrže na svojoj površini aminokiselinu cistein. Cistein ima reaktivnu grupu -SH, koja se zove »sulfhidrilna grupa«. Kada se ta grupa oksidira na — SS — (disulfidna grupa), aktivnost se pojedinih encima prigušuje odnosno uništava. Redukcija disulfidne na sulfidnu grupu ponovno aktivira encim. Taj je uređaj jedan od najvažnijih mehanizama upravljanja u staničnom metabolizmu. To možemo

vidjeti uspoređivanjem brzine razlaganja glukoze na mišićnom ekstraktu i netaknutom komadu mišića. Brzina je cijepanja glukoze do mliječne kiseline (glikoliza) u ekstraktu gotovo ista, bez obzira na to, da li se ekstrakt drži u atmosferi čistog kisika ili u potpunoj odsutnosti kisika. Međutim, drugačije je to kod cijelog komada mišića ili kod kvaščevih stanica. Brzina je glikolize u nepovrijeđenoj stanici znatno smanjena prisutnošću kisika, te postepeno raste, kad se kisik zamjenjuje dušikom. To je djelovanje poznato kao »Pasterov efekt«. Glikoza je u živoj stanici usporena u prisutnosti kisika, jer sumporne grupe ostaju oksidirane, t. j. u inaktivnom obliku. To je jedan od načina na koji djeluje kisik.

Zbog tih je i mnogih drugih razloga istraživanje nepovrijeđenih grupa stanica ili čitavih komada tkiva bliže pravom stanju tijela kao cjelini, nego ekstrakti ili izdvojeni sistemi. Potrebna su paralelna promatranja na sva ta tri načina, a kod primjenjivanja rezultata jednostavnijih stanja na složenija moramo biti veoma oprezni. Osim toga, u ekstraktu tkiva nema svih onih elemenata, koji su prisutni u nepovrijeđenoj stanici. Ekstrakcijom mišića sa fiziološkom slanom otopinom dobijemo u ekstraktu samo u vodi topive encimske sisteme. Oko 50% mišićnih proteina nije topivo u toj otopini, te će se istaložiti. Taj se talog obično odstranjuje kao »ostatak«. Znademo međutim, da taj talog sadrži kontraktilni protein mišića (aktomiosin), koji je encimatski aktivan i važan. Kad nema tog »ostatka«, tok se reakcijâ znatno mijenja. Na taj način ne dobivamo stvarnu sliku. Dio stanice, prema tome, nije isto, što i cijela stanica.

Drugi je važan faktor arhitektura nepovrijeđenih živih stanica. Nizovi encima zajedno su sa svojim koencimima aktivatorima i t. d. strukturalno ujedinjeni u obliku mikroskopski vidljivih dijelova stanice, t. j. mitohondrija. Tako na pr. u jetri nepovrijeđene mitohondrije oksidiraju masne kiseline na ketone, ugljični dioksid i vodu. Kod povrijeđenih mitohondrija poremeti se poredak encimatskih članova, koji je očito potreban za razgrađivanje masnih kiselina. U tom primjeru, između ostalog, vidimo važnost stanične strukture za



Arhitektura stanice pomaže pri upravljanju metabolitskim promjenama u stanici. Mnogi encimi, na primjer, djeluju međusobno unutar granica štapićastih mitohondrija. Slika prikazuje idealni sastav staničnih struktura — čipkasto »Golgijevo tijelo«, jajolika jezgra okružena sekrecijskim i inkludiranim granulama kao mitohondrijskim štapićima.

metabolizam. Živa stanica nije zbirka u vodi topivih sastojaka, koji bi bili podjednako raspodijeljeni u stanici. Ona je, naprotiv, vrlo složene strukture, sastavljena od poredanih čestica kristala, membrana i sokova. U toj su strukturi sistemat-

ski povezani proteinski encimi, neproteinski koencimi, mineralne soli i mnoge druge tvari. Sistematskom citoplazmatskom arhitekturom očito upravljaju nukleoproteini jezgre i (regulirajući) utjecaji hormonalnih stanica i živčanih poticaja. Današnja biološka istraživanja traže metode, kojima bi se mogla studirati kemijska zbivanja, onako kako se vrše u arhitektonski »nedirnutoj« stanici.

Promatranjem životinja kao cjeline postalo je jasno, da neki, ako ne i svi hormoni vrše snažne učinke na brzine metabolitskih reakcija. Međutim još dugo ne ćemo moći uvjerljivo dokazati utjecaj čistih hormona na brzinu izdvojenih encimskih sistema. U slučaju insulina tome smo najbliže. Danas možemo pokazati, da insulin pospješuje primanje šećera i njegovo odlaganje u obliku glikogena u nepovrijeđenom tankom komadu mišića (na pr. diafragmi štakora). Rasiječemo li, međutim, taj komad na male dijelove, insulin ne će pokazivati spomenuto djelovanje. Iz najnovijih radova vidimo, da insulin pospješuje na neki način prolaženje šećera iz vanstaničnih sokova kroz membranu mišićne stanice. Prema tome je jasno, zašto povreda membrane sječenjem ili pripremom ekstrakta onemogućuje djelovanje insulina.

Cijele organe istražujemo obično na taj način, da mjesto srca ili pluća stavimo neku vrstu pumpe, koja tjera krv, odnosno sastojke krvi kroz organ pod odgovarajućim pritiskom. Metabolitske pretvorbe pojedinih supstanca određujemo promjenom njihove koncentracije u krvi, koja ulazi, i one koja izlazi, i utvrđivanjem supstanca, koje bi se mogle ovdje stvoriti. Osim toga, određujemo još i promjene, koje nastaju u pojedinim dijelovima organa. Iako je ovaj način eksperimentiranja najbliži uslovima u netaknutoj cijeloj životinji, ipak postoji još niz važnih razlika s obzirom na regulatorne fenomene. Na izdvojeni cijeli organ ne utječu tvari, koje potječu iz drugih organa, niti se odstranjuju konačni produkti iz krvi, kojom prostrujavamo organ, a niti ta krv prolazi kroz druge organe. Tu potpuno nedostaje upravljanje nervnog sistema, a endokrino upravljanje ograničeno je samo na hormone, koji su bili prisutni u perfuzatima na početku pokusa.

Metabolitski sistem ustvari je vrlo zamršen i ovisi o djelovanju mnogih međusobno ovisnih faktora. Gotovo ga je nemoguće proučavati djelomično, osim u istraživanjima.

Iz onog, što je naprijed rečeno o faktorima, koji utječu na izdvojene encimske sisteme, i o granicama takva sistema u poređenju sa živim organizmima, vidimo, da su pretvorbe hranjivih sastojaka, koje se neprekidno odvijaju u stanici tijela, podvrgnute mnogim lokalnim zastojima i ravnotežama. Svi ti utjecaji, međusobno povezani, dovode do stanja dinamične ravnoteže. Oblik i sastav odrasle životinje vrlo je stalan, usprkos neprekidnim promjenama tvari, koje bi bez upravljanja dovele do bezbroj poremećaja oblika i sadržaja.

To možemo uporediti s inventurom trgovačkih skladišta. Kada potrošači isprazne zalihe, potrebno ih je nadoknaditi, uzevši u obzir: vrstu robe, koja se upravo traži, brzinu prodaje pojedinih artikala, i zalihe, koje su potrebne za slučaj povećanog prometa. Radi li taj sistem isto tako brzo, kao i živi organizam, zalihe će skladišta ostati uvijek stalne, bez obzira na dnevne promjene tržišta. Kod toga potrošači ne moraju poznavati opće političke i ekonomske uvjete, koji diktiraju povremene drastične promjene količine inventara. To je stvar viših uprava, koje možemo uporediti s hormonalnim i nervnim upravljanjem u živim organizmima. O tome ćemo raspravljati u slijedećem dijelu.

HORMONALNO I NERVNO UPRAVLJANJE

Kad bi pojedina tkiva ili organi bili samostalni, neovisni organizmi, koji plivaju u moru lako pristupačnih hranjivih sastojaka, onda možda ne bi trebalo daljnjih uređaja upravljanja, uz već spomenute. Svaki organ ili tkivo, međutim, sadrži samo ograničene količine hranjivih sastojaka, te ih zato mora stalno nadopunjavati iz krvnog toka. Količine ugljikohidrata, proteina i masti, što ih krv donosi pojedinom tkivu ili organu, dovoljne su samo za stanje mirovanja, ali ne i za vršenje rada. Osim toga, tkiva i organi ne služe samo takvim prehrambenim ciljevima. Postoji stanovita podjela rada. Nekim je tki-

vima glavni zadatak spremanje hranjivih elemenata, drugima prerađivanje sirova materijala u pročišćeni pogonski materijal, dok treći opet upotrebljavaju hranu za naročite svrhe, ne uzimajući u obzir prehrambene potrebe ostalog tijela. Zato je potreban viši oblik upravljanja složenih funkcija organizma kao cjeline.

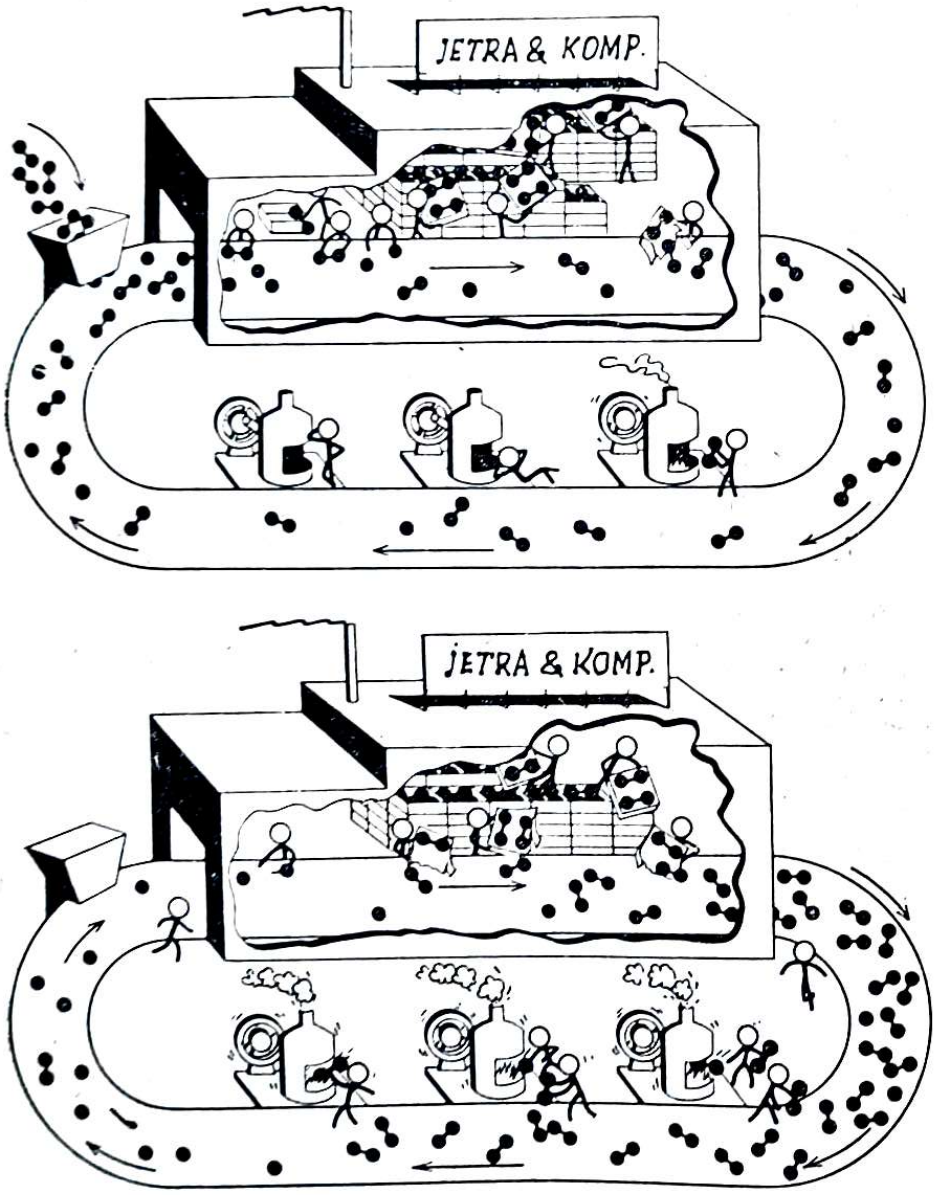
Jedan način tog upravljanja, uglavnom putem endokrine sekrecije, djeluje poput prometnika, koji upravlja prometom hrane između različitih organa i procesa, te mjesta iskorišćavanja, tako da je potražnja uvijek u skladu s ponudom. Drugi tip upravljanja služi se centralnim nervnim sistemom, te usklađuje brzinu i vrstu proizvedene energije s potrebama vanjske okoline. Promotrimo dakle ta dva sistema upravljanja, kako bismo objasnili njihovu ulogu u upravljanju metabolizma i u prehrani u održavanju unutarnjih uslova i prilagođavanju metabolitskog mehanizma potrebama okoline. U trećem i četvrtom poglavlju govorili smo o pretvorbi hrane u hranjive elemente krvi. Proteini ulaze u krv kao aminokiseline, a ugljikohidrati u obliku glukoze i drugih jednostavnih šećera, dok mast ulazi većinom kao neutralna mast. Te apsorbirane produkte probave mogu odmah primiti razna tkiva i organi i tako povećati svoje zalihe proteina, ugljikohidrata i masti. Isto tako mogu ti sastojci učestvovati u raznim sintetskim reakcijama stvarajući naročite vrste jednostavnih proteina — lipoproteina i glukoproteina. Međutim, kako u toku dana primamo hranu u vremenskim razmacima, t. j. za doručak, ručak i večeru, to se glavni dio hranjivih sastojaka svakog obroka mora uskladištiti, kako bi ga tijelo moglo iskoristiti u vremenu između obroka. U raznim tkivima i organima te zalihe nisu podjednako raspodijeljene. Kada se poslije svakog obroka smanji obilje hranjivih sastojaka u krvi, aktivna tkiva troše spomenute rezervne sastojke za svoje potrebe do slijedećeg obroka. Mala količina te zalihe može biti u samom aktivnom organu. Međutim te su zalihe obično dovoljne samo za nekoliko sati mirovanja ili nekoliko minuta snažnog rada. Zato hranjivi sastojci moraju uglavnom dolaziti iz rezerva udaljenijih tkiva i organa putem krvnog toka.

Razne endokrine sekrecije, koje su važne za metabolizam hrane, utječu na mobilizaciju proteina, masti i ugljikohidrata u krvnom toku, na brzinu pretvaranja mobiliziranih tvari u lako pristupačni pogonski materijal, a možda i na brzinu njihova ulaska u aktivno tkivo.

Pogonski materijal, što ga aktivna tkiva najradije iskorišćuju, jest glukoza. Taj jednostavni šećer nije spremljen kao takav, već u obliku velikih agregata sastavljenih od mnogo jedinica glukoze, koji su slični škrobu u biljkama i povrću. Taj se spoj u životinjskom tijelu zove glikogen. Mišići mogu sadržavati oko 1% tih rezervnih ugljikohidrata. Glikogen nalazimo u malim količinama u gotovo svim drugim organima tijela, pa čak i u koži. Ali najbogatije spremište te supstance jest jetra. Kod dobro hranjene životinje može jetra sadržavati, nekoliko sati poslije obroka, više od 10% glikogena. Kako je jetra relativno velik organ, to je ona najbogatije spremište ugljikohidrata u tijelu. U tom pogledu jetra ima poseban položaj, jer je ona jedini organ tijela, koji može stvarati glukozu od proteina, masti ili oblika ugljikohidrata i oslobađati je u krvni tok (to mogu i bubrezi, ali u neznatnoj mjeri). Odstranimo li životinji jetru, ne će nas začuditi, ako koncentracija glukoze u krvi stalno pada i ako nastupi smrt za nekoliko sati. Stalno uštrcavanje otopine glukoze u venu produljuje život životinje.

Mast je hranjivi sastojak, koji se može spremiti u najvećim količinama. Nalazimo je gotovo u svim tkivima i organima, ali se naročito odlaže između slojeva vezivnih tkiva tijela pod kožom između mišićja i oko unutarnjih organa. Na tim se mjestima može mast odlagati praktički u neograničenim količinama. Za vrijeme dugih postova i gladovanja mast postaje glavni izvor energije. Aktivni je organi međutim ne mogu upotrijebiti kao takvu. Mora se najprije dopremiti u jetru, gdje se pretvara u ketokiseline i glukozu, koje jetra oslobađa u krvni tok, te se tim putem otpremaju na razna mjesta iskorišćivanja.

Proteini nisu rezervni materijal u istom smislu kao glikogen i mast. Većina je proteina sastavni dio stanične strukture,



Mliječna kiselina (.) i glukoza (..) su ugrađene u glikogenu jetre (⁝) međutim iz jetre se oslobađa samo glukoza. Tokom probave (gore) dolazi velik broj molekula glukoze u jetru; tokom rada (dolje) jetra prima većinom mliječnu kiselinu, koja nastaje razgradnjom glukoze u mišićima, koji se stežu.

u obliku raznih encima, sekreta, te nuklearnih i drugih sastojaka stanice. Mobilizacijom proteina za vrijeme posta ili gladovanja, stanica se razara i steže, tako da tkiva i organi gube na težini. Taj autokanibalizam nije kod svih organa jednak. Uglavnom su do kraja pošteđeni najvitalniji organi, kao srce i mozak. Postoje vjerojatno i labilniji oblici proteina, koji su po djelovanju slični glikogenu i masti, a potječu iz vezivnih tkiva. Ukoliko postoje, oni predstavljaju male količine prema ukupnim proteinima tijela, čak uzmemo li u obzir samo one proteine, koji se mobiliziraju u kratkim periodima posta.

Proteini se mogu mobilizirati u tkivu kao takvi ili u obliku aminokiselina. Slično ostalim hranjivim sastojcima, oni ulaze u jetru, gdje se pretvaraju u potrebni pogonski materijal. Proteini, koji dolaze u jetru, cijepaju se u aminokiseline. Jetra zatim odstranjuje grupu, koja sadrži dušik — deaminacija, — a ostatak pretvara u ketokiseline i glukozu. Te opet ulaze u krvni tok i prenose se do mjesta upotrebe.

Uloga hormona, koju oni vrše pri mobilizaciji hranjivih sastojaka, naročito se lijepo vidi na promjenama, koje nastaju, kad izvadimo pokusnim životinjama prednji režanj hipofize (hipofisektomija), ili kad je razorena bolešću, na pr. kod čovjeka. Normalna životinja može tjednima gladovati i uz to održavati koncentraciju šećera u krvi, dok životinja, kojoj je izvađen prednji režanj hipofize, samo jedan do dva dana, iako počinje gladovati s jednakim rezervama proteina, masti i ugljikohidrata. Kod životinja koje gladuju, a izvađen im je prednji režanj hipofize, koncentracija šećera u krvi ne ostaje na potrebnoj visini. Ali to nije prouzrokovano smanjenjem kapaciteta jetre da proizvodi glukozu iz aminokiselina i da cijepa glikogen u glukozu, jer ponovnim hranjenjem tih životinja proteinima i ugljikohidratima, koncentracija šećera u krvi ostaje ista, dokle god se produkti njihove probave (aminokiseline i heksoze) apsorbiraju u želučano-crijevnom traktu. Prema tome, mobilizaciju rezervnih proteina onemogućuje pomanjkanje hormona prednjeg režnja hipofize.

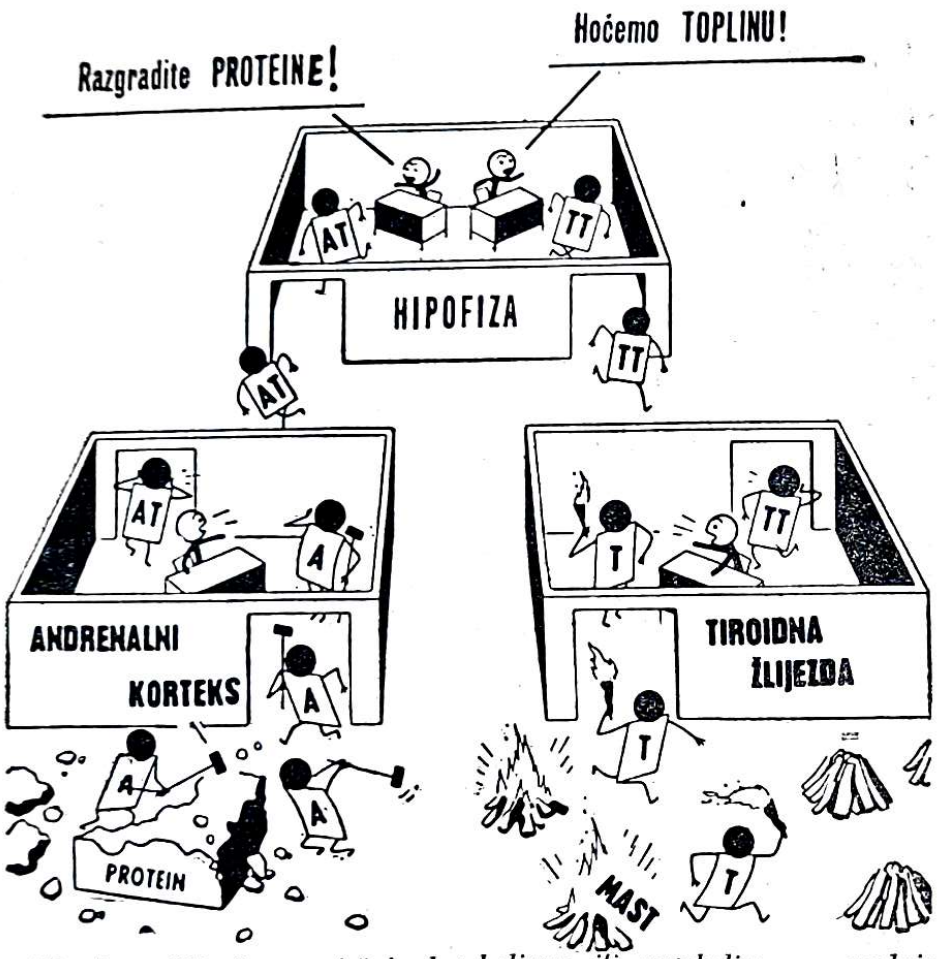
Hranimo li takve životinje mastima, i opet se ne će održavati koncentracija šećera u krvi. U tom slučaju postoji dvostruka nesposobnost. U prvom redu, to je, kao i kod proteina, nesposobnost mobilizacije masti iz spremišta — masnog tkiva. To je pokazano na taj način, što se sadržaj masti u jetri ne povećava, čak se kod normalne životinje za gladovanja uvijek povećava. Osim toga, postoje poteškoće u cijepanju masti u topive korisne hranjive sastojke, kakvi dolaze u jetru direktnim hranjenjem. Tome se ne ćemo začuditi, kad znamo, da se mast apsorbira u crijevnom traktu kao takva, dakle u istom obliku, u kojem se mora mobilizirati iz tjelesnih spremišta. Hormoni prednjeg režnja hipofize djeluju očito djelomično u oba slučaja, t. j. na oba izvora masti. U nedostatku tog hormona, mast se uopće ne može iskoristiti. Hormoni hipofize ne djeluju neposredno na neendokrina tkiva tijela (rijetki su izuzeci hormoni rasta, antidiuretični hormoni i vazo presorni hormoni). Umjesto toga, hipofiza vrši svoj jaki utjecaj pri upravljanju brzinom aktivnosti stanovitih drugih endokrinih žlijezda. Hipofiza je u izvjesnom smislu glavna žlijezda i djeluje u prvom redu t. zv. tropičkim efektima ili izravnim učincima, koji su usmjereni na specifične ciljeve, obično druge žlijezde. Da bismo razumjeli ulogu prednjeg režnja hipofize, potrebno je proučiti ulogu sekreta drugih žlijezda, kojima hipofiza upravlja.

Značajno je, da dodatkom aktivnog ekstrakta adrenalnog korteksa gladujuća životinja bez prednjeg režnja hipofize može održati koncentraciju šećera u krvi. Sličan učinak može se postići i ekstraktom štitnjače. Ali ni jedan od njih sam za sebe ne može potpuno nadomjestiti ekstrakt prednjeg režnja hipofize i uspostaviti maksimalni kapacitet mobilizacije hranjivih sastojaka i stvaranja krvnog šećera. Kombinacijom adrenalnog kortikalnog ekstrakta i ekstrakta štitnjače uspostavlja se maksimalni kapacitet. Očito je dakle, da prednji režanj hipofize upravlja mobilizacijom proteina i masti, kao i njihovom pretvorbom u pogonski materijal putem jetre, upravljanjem aktivnosti adrenalno kortikalne i tiroidne žlijezde, čiji onda hormoni direktno djeluju na tkiva.

Metabolitske reakcije zovemo »anabolitske« onda, kada se energija nakuplja, ili kada se stvara rezervni materijal. »Katabolitske« zovu se onda, kada se energija troši, odnosno kad se cijepaju rezervni hranjivi sastojci. S tog je gledišta mobilizacija proteinskih i masnih rezervi, koju vrši hipofiza preko adrenalno kortikalne i tiroidne žlijezde, katabolitski proces. Druga je funkcija tiroidnog hormona povećanje brzine oslobađanja ukupne energije i svih hranjivih sastojaka u tkivima. Međutim, razlika između anabolitskih i katabolitskih reakcija samo je prividna. Tiroidni hormon, koji cijepa rezerve hranjivih sastojaka i povećava njihovu upotrebu u tkivu, u isto je vrijeme važan za većinu bitnih sintetskih reakcija, koje se odnose na rast tijela i na sintezu encima.

Najvažniji endokrini faktor, koji pospješuje rast tkiva jest t. zv. hormon rasta prednjeg režnja hipofizne žlijezde. Taj hormon pospješuje sintezu proteina tkiva iz aminokiselina, koje nosi krvni tok. Međutim, to je anabolitska reakcija samo u jednom smislu, naime u tom, da se izgrađuju proteini tkiva. Da bi se dobila energija za brže vršenje tih sintetskih procesa, mora se razgraditi veća količina drugih aminokiselina, masti ili ugljikohidrata, do ugljičnog dioksida i vode. Tim je objašnjen prividni paradoks, da prvobitni tip anabolitske reakcije ne može optimalno teći, ako glavni katabolitski stimulans (tiroidni hormon) ne radi normalno. U živinogojstvu umjetni je optimum postignut razumnom upotrebom antihormona. Oni su slični molekulama hormona, ali sprečavaju njihovo djelovanje, slično kao što smo to vidjeli kod antivitamina. Tiouracil, antimolekula tiroidnog hormona može povećati brzinu rasta domaćih životinja.

Na još neobjašnjen način djeluje također i insulin, unutarnji sekret gušterače, kao hormon rasta. Usprkos prisutnosti količine hormona rasta, koja inače prouzrokuje znatno izgrađivanje proteina i zadržavanje dušika kod normalne životinje, nastat će gubitak tjelesnih proteina i povećanje izlučivanja dušika kod životinje, kojoj smo odstranili gušteraču, te joj zbog toga nedostaje insulin. Postoji dakle analogija između tih eksperimentalnih činjenica i prestanka rasta kod dijabetične



Hipofizna žlijezda pospješuje katabolizam ili metabolizam razgradnje tako što stimulira adrenalni korteks, koji oslobađa hormone, koji razgrađuju proteine (A), i tiroidnu žlijezdu, koja oslobađa hormone (T), koji ubrzavaju spaljivanje masti i drugih supstanca. Poticaji hipofizne žlijezde provode se njenim adrenotropičnim (AT) i tirortropičnim (TT) hormonima.

djece, dok još nije bio pronađen insulin za liječenje dijabetesa.

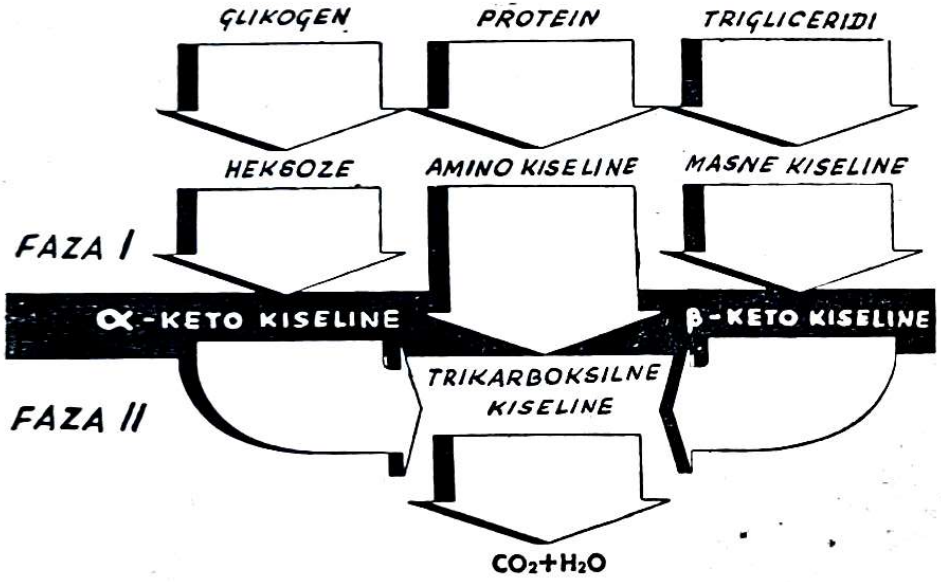
Hormon rasta prednjeg režnja hipofize sa hormonima tiroidne žlijezde i gušterače, općenito stimulira rast gotovo u svim tkivima. Postoje i drugi hormoni, koji imaju sličan učinak na stanovita specifična tkiva. Primjeri takvih hormona jesu mu-

ški i ženski hormoni nazvani »androgeni« i »estrogeni«. Oni utječu na rast i razvitak sekundarnih seksualnih znakova kod odgovarajućih spolova — kod mužjaka penisa, prostate, sjemene kesice i t. d., a kod ženki maternice, grudi i vanjskih spolovila — čak i u odsutnosti hipofiznih hormona rasta. Testosteron, što ga izlučuje androgen iz muških testikula, naročito je važan s obzirom na rast, jer stimulira razvitak skeletnih mišića, koji sačinjavaju oko 50% čitave tjelesne težine. Utjecaj, koji vrši testosteron na sintezu proteina u skeletnim mišićima, može pod nekim okolnostima biti glavni faktor, koji određuje potrebe i raspored proteinskih hranjivih sastojaka.

Opravdano je dakle pretpostaviti, da hormoni, ubrzavajući i usporavajući u tkivu stanovite encimske reakcije, koje smo prije opisali, vrše svoj duboki utjecaj na metabolizam i hranjenje. Usprkos mnogim pokušajima, da se to pokaže na izoliranom encimskom sistemu *in vitro* (ovaj posljednji djeluje vrlo dobro i bez hormona), ipak se nije moglo opaziti da dodatak hormona ubrzava ili usporava reakcije encimskog sistema *in vitro*. Hranimo li pse obilno tiroidnom žlijezdom, povećava se količina dehidrogenaza u pojedinim tkivima, što je bilo utvrđeno i *in vitro*. Nadalje, moramo se podsjetiti, da je živa stanica nešto više nego samo niz encimskih sistema otopljenih u protoplazmatskom mediju. Važna je karakteristika žive stanice njena organizacija. Pod mikroskopom vidimo razne vrste krutih agregata unutar nediferenciranih faza stanice. Među čvrstim agregatima postoje sasvim određeni prostorni odnosi, koji stvaraju arhitektoniku stanice. Najnovija i usavršena istraživanja o njihovoj orijentaciji i rasporedu pokazuju nam, da vjerojatno postoji određena stanična arhitektura, kako u molekularnom, tako i u mikroskopski vidljivom području. Čini se, da baš ta organizacija omogućuje stanici koordinaciju aktivnosti raznih encimskih sistema, koji su na taj način međusobno usko povezani. Nije isključeno, da hormoni utječu na fizikalno-kemijske i funkcionalne odnose među raznim sastojcima u organiziranoj stanici, time što određuju, koji će encimski sistem djelovati, a koji će u danom

momentu mirovati, a ne da sami sudjeluju u bilo kojem specifičnom encimskom sistemu.

Promatramo li međustepene metabolizma hranjivih sastojaka kao niz silaznih stepenica, koje vode od proteina, masti i ugljikohidrata, do ugljičnog dioksida i vode, vidjet ćemo iz ovih općih razmatranja, da hormoni utječu samo u gornjim međustepenima. Tako na pr. hormoni mogu utjecati na metabolizam jednog hranjivog sastojka, a da nemaju vidnog utje-



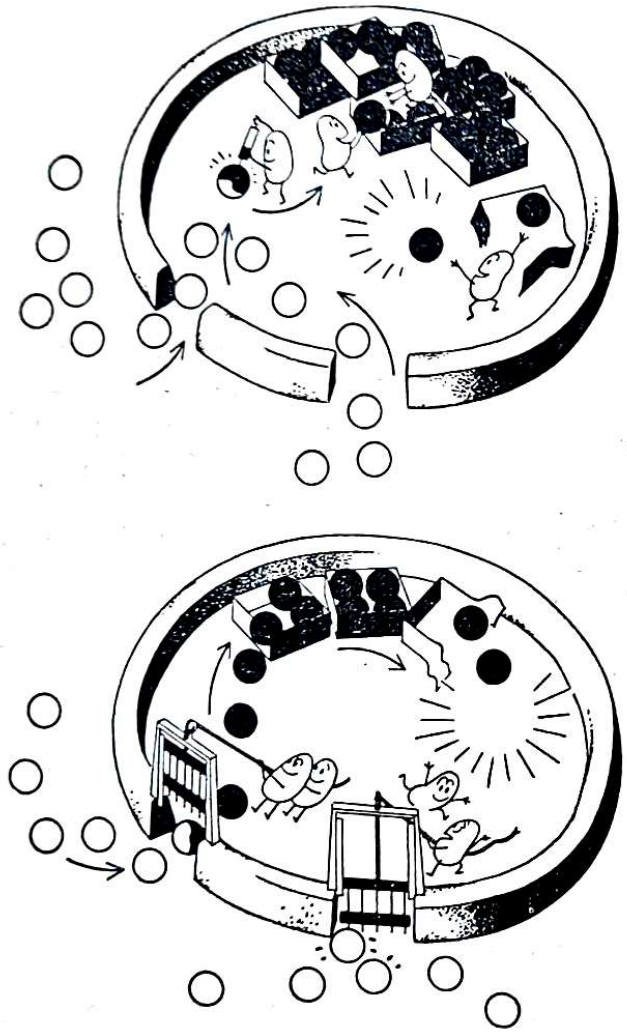
Metabolitska razgradnja hrane može se podijeliti u dvije faze: stvaranje ketokiselina i njihova oksidacija.

caja na drugi. Pojedine se odvojene stepenice tih triju glavnih grupa hranjivih sastojaka sastaju i stvaraju jednu veliku stepenicu, o čemu smo govorili u četvrtom poglavlju. Ne bi bilo shvatljivo, da takav hormon, koji bi utjecao na metabolizam jednog hranjivog sastojka kod te niže stepenice, ne bi utjecao i na metabolizam ostalih.

Da se stručno izrazimo: mnogi od nižih intermedijarnih metabolita zajednički su svim trima hranjivim sastojcima, te vjerojatno imaju svi zajednički put preko trikarboksilnog ci-

klusa (vidi popratnu sliku). Opća shema intermedijarnog metabolizma može se pojednostavniti, uzmemo li u obzir činjenicu, da postoje dvije faze u katabolizmu svakog hranjivog sastojka: 1. niz reakcija, koje vode do stvaranja ketokiselina, i 2. niz reakcija, koje vode od ketokiselina do ugljičnog dioksida i vode. To je prikazano na našoj slici. Polazimo li sa te osnove, čini se, da hormoni općenito utječu na fazu 1. intermedijarnog metabolizma.

Pojedinosti mehanizma, kojim hormoni mogu mobilizirati pojedine rezervne sastojke, ili povećati brzinu njihove pretvorbe u pogonski materijal u jetri, nisu nam poznate. Iako oni utječu na fazu 1. intermedijarnog metabolizma, čini se nevjerojatno, da hormoni sudjeluju u bilo kojem encimskom sistemu. Ta je pretpostavka potkrijepljena novim radovima o mehanizmu djelovanja insulina. Jedno od najbolje proučenih djelovanja insulina jest njegova sposobnost, da povećava brzinu ulaska glukoze iz krvi i vanstaničnih sokova u stanice mišića. To se nije ustanovilo samo na nepovrijeđenom živom organizmu, već i na tankim slojevima netaknutog skeletnog mišićja (na pr. diafragme ili trbušnih mišića štakora), koji su bili suspendirani u pogodnom mediju *in vitro* uz povoljne količine kisika. Kako znamo, glukoza se brzo pretvara u glukoza-6-fosfat (G-6-P), pošto je ušla u stanicu mišića, te su mnogi istraživači mislili, da insulin vjerojatno djeluje na encimski sistem heksokinazu, koji katalizira tu reakciju. U novije su vrijeme karakteristični učinci insulina promatrani pod okolnostima, kod kojih nije bio potreban sistem heksokinaze ili bilo koji drugi poznati encimski sistem. To se postiglo pomoću šećera galaktoze, koji je metabolitski inertna supstanza, kad se radi o mišićnim stanicama. Galaktoza se koristi u jetri i u bubrezima, gdje se može pretvoriti u glukozu. Ona difundira u mišićne stanice; kako se ne može ovdje pretvoriti u glukozu, možemo je ponovno kvantitativno dobiti iz mišića. Galaktoza se zato davala pokusnim životinjama, kojima je bila odstranjena jetra i bubrezi, te se promatra utjecaj insulina na brzinu ulaska galaktoze u mišićne stanice. Insulin pospješuje primanje galaktoze u mišiće. Prema tome, vjerojatno utječe na fizi-



Insulin pomaže kod ulaska glukoze u stanice; no to nije još utvrđeno na koji način. Možda pospješuje spajanje glukoze sa fosfatom i tako održava nisku koncentraciju glukoze unutar stanice (gore); ili djeluje više u tom smislu, što čini membranu pristupačnijom za ulazak glukoze nego u smislu aktiviranja samih encima stanica.

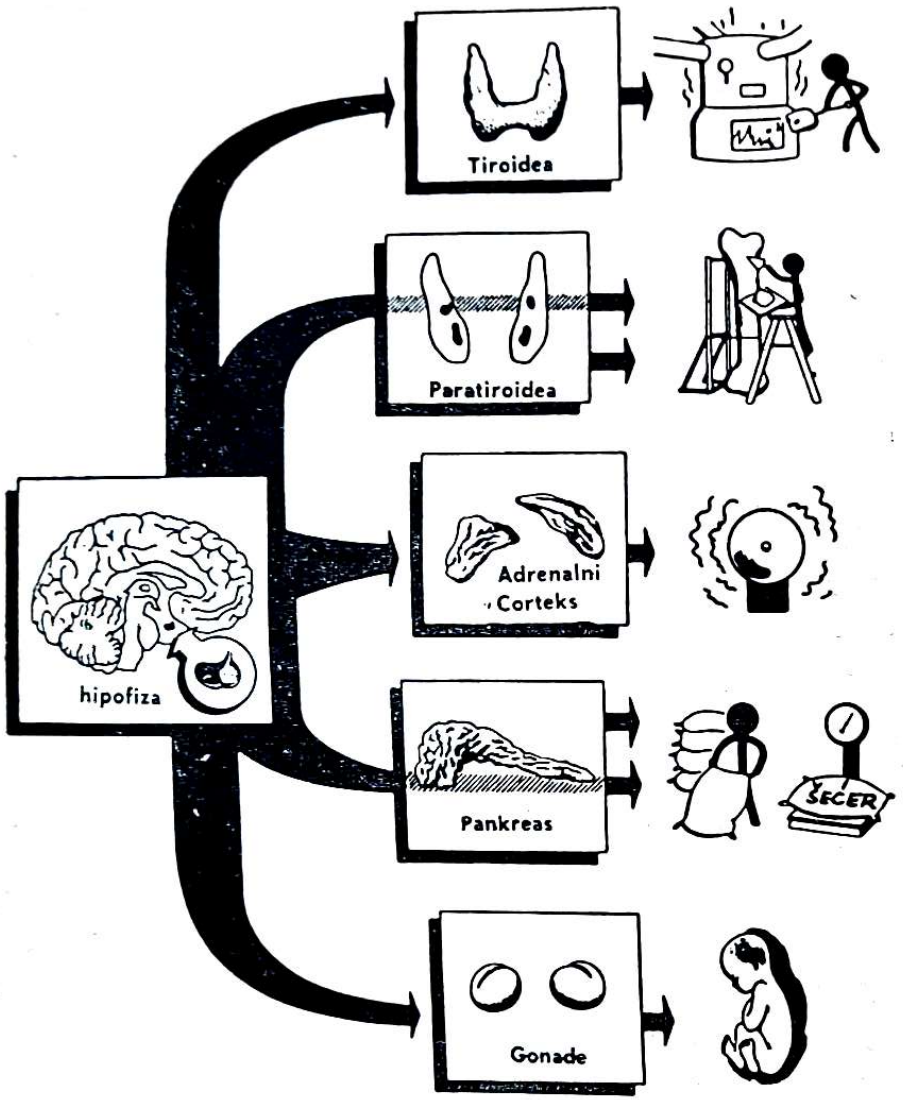
kalno-kemijska svojstva stanične površine čineći je propusnijom za molekulu galaktoze. To nam vjerojatno objašnjava, zašto je moguće promatrati djelovanje insulina pod raznim

okolnostima, dokle god je stanična struktura netaknuta. Zato ne možemo prikazati pravi insulinski učinak na zgnječenom tkivu, ekstraktu ili izoliranom sistemu, kao što je to bilo spomenuto u prvom dijelu ovog poglavlja. U novije je vrijeme, nadalje, pokazano i pravo djelovanje mozga na heksokinaze.

Dok je naše znanje o mehanizmu djelovanja hormona na tkiva danas još u počecima, znatno je više poznato o faktorima, koji aktiviraju, odnosno sprečavaju razne endokrine žlijezde pri upravljanju metabolizma tkiva. Radi jednostavnosti podijelit ćemo endokrine žlijezde u 3 grupe: one koje su pod nadzorom prednje hipofize, one kojima direktno upravlja centralni nervni sistem i one koje, čini se, djeluju relativno nezavisno. Prednji režanj hipofize i njemu podređene žlijezde — štitnjače — kora nadbubrežne žlijezde i spolne žlijezde — međusobno ovise u aktivnosti. Prednji režanj hipofize pospješuje aktivnost svojih podređenih žlijezda pomoću tirotropnih, gonadotropnih i adrenokortikotropnih hormona. (Posljednji je poznat kao ACTH.) S druge strane, suvišak hormona jedne od tih žlijezda, koji stigne u prednji režanj hipofize putem krvi, snizuje u prednjem režnju izlučivanje tropičnog hormona dotične žlijezde. To je analogno »feedback«* uređaju u elektronskom krugu, a predstavlja automatski uređaj, koji održava izlučivanje svih tih žlijezda unutar stanovitih granica. Takav se mehanizam zove »homeostatski«.

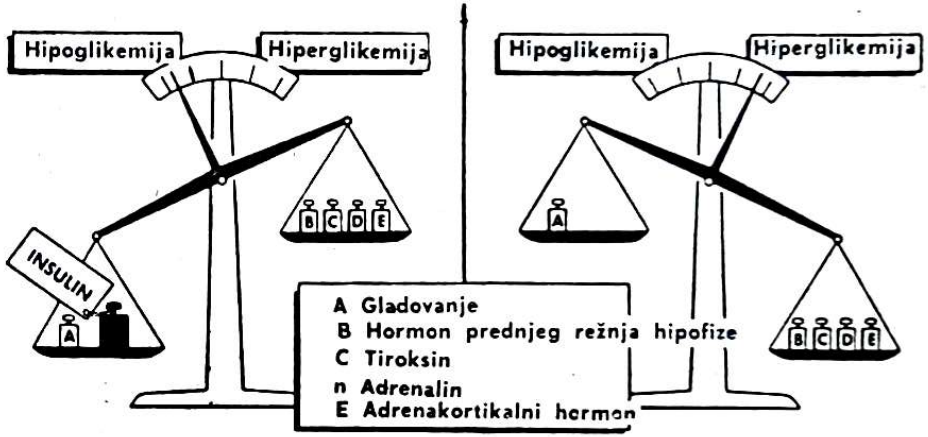
Aktivnost paratiroidne žlijezde i stanica gušterače, koje izlučuju insulin, nije ovisna ni o prednjem režnju hipofize ni o centralnom nervnom sistemu. One vrše svoja regulatorna djelovanja i u odsutnosti prednjeg režnja hipofize, kao i kad su posve odijeljene od sviju nervnih veza, kao na pr. kod transplantacije na druge dijelove tijela. One su također u homeostatskim odnosima, ali njima ne upravljaju hormoni drugih žlijezda, već koncentracija sastojaka u krvi, s kojom dolaze u doticaj. Koncentracija šećera znatno iznad ili ispod normalne razine direktno sprečava ili stimulira aktivnost Langenhansovih otočića, koji proizvode insulin u pankreasu. Slično poti-

* Regulacioni uređaj, kojim se jedan dio električne energije, koja izlazi iz nekog aparata, dodaje ulaznoj u odgovarajućoj fazi. — *Prev.*



Pojedine endokrine žlijezde, kao tiroidna, adrenalni korteks i gonade, izlučuju svoje hormone uglavnom pod upravljanjem tropičnih hormona hipofize i tako sudjeluju u spaljivanju hrane, pobuđivanju tkiva ili održavanju reprodukcije. Druge žlijezde, kao paratiroidna i pankreas, sudjeluju u stvaranju i korištenju šećera bez upravljanja hipofize. Njihovom djelatnošću upravljaju kemijski sastojci krvi ili živci. Hipofizna žlijezda, kojom djelomično upravlja mozak, djeluje ne samo preko endokrinih žlijezda, nego i izravno, kao na primjer na rast i aktivnosti, koje reguliraju koncentraciju šećera u krvi, na odgovarajućim mjestima.

će niska koncentracija kalcija u krvi djelatnost paratiroidne žlijezde, koja regulira koncentraciju kalcija u krvi, dok visoka koncentracija kalcija potiskuje njeno djelovanje. Stražnji režanj hipofize i adrenalna medula ovise o nervima, što se vidi po njihovoj atrofiji, kad se prekinu nervne veze. Njihov se homeostatski učinak međutim ne razlikuje znatno od učinka »nezavisne grupe« žlijezda. Stražnji režanj hipofize i adrenalna medula reagiraju slično na promjene koncentracije tvari



Mnogi faktori održavaju u ravnoteži koncentraciju šećera u krvi, kako ne bi došlo do suviška šećera (hiperglikemija) ili pomanjkanja šećera (hipoglikemija). Kako hiperglikemija potiče oslobađanje adrenalina i srodnih hormona, upravljanje je prilično automatizirano.

u krvi, kojom oni upravljaju. Razlika je u tome, što »nezavisna grupa« osjeća razliku koncentracije krvi putem nekog zamršenog mehanizma.

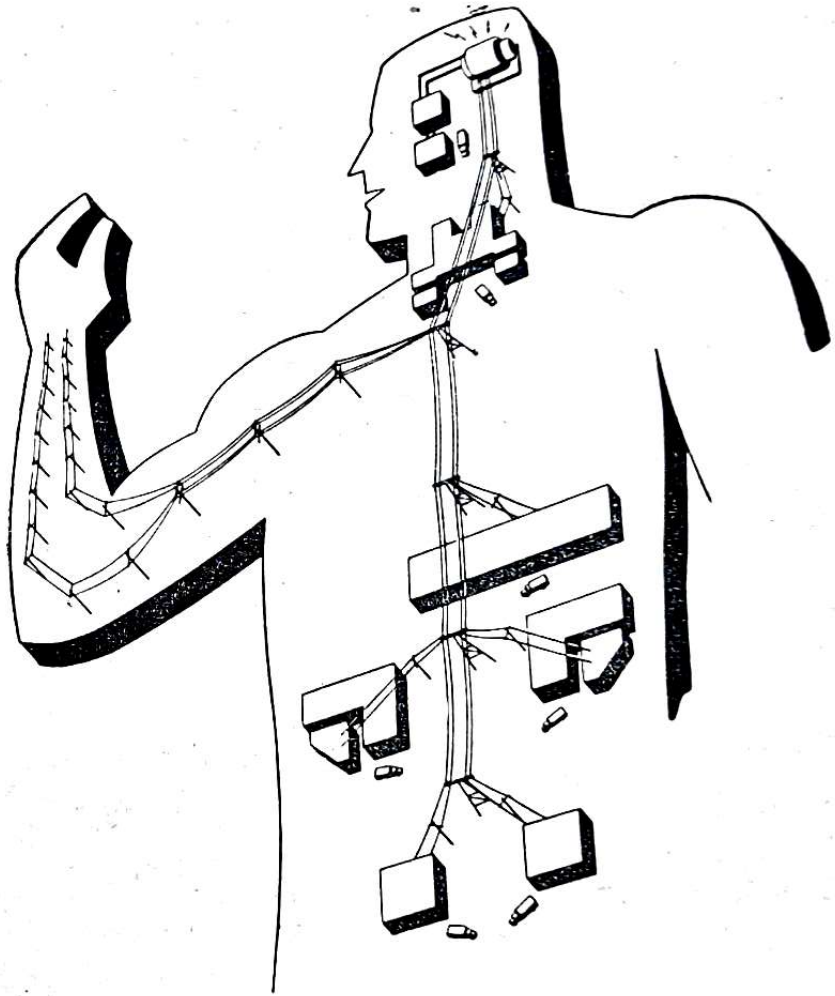
Stražnji režanj hipofize i adrenalna medula oslanjaju se na podalje smještene nervne receptore, koji osjećaju otklone od normale, te im pomoću nervnih impulsa javljaju potrebu pojačane ili oslabljene aktivnosti. Abnormalno niska koncentracija šećera u krvi utječe na mozak, koji stvara impulse, koje vjerojatno predaje adrenalnoj meduli putem trbušnih nerava. Tako se u krvni tok oslobađa adrenalin, koji prouzrokuje brzo cijepanje glikogena jetre i povećanje koncentracije šećera u krvi. Slično djeluje i povećanje koncentracije otopljenih

supstanca u krvnoj plazmi, naročito natrijevog klorida, na stanovite t. zv. »osmoreceptore«, koji su smješteni u vratnoj arteriji. Nervni impulsi, koji nastaju u tim receptorima, idu do stanovite jezgre u mozgovnom stablu (hipothalamus), od kojeg se prenose na stražnji režanj hipofizne žlijezde. Ova opet izlučuje povećanu količinu antidiuretskog hormona, čime se smanjuje izlučivanje vode putem bubrega, a zadržana voda razređuje krvnu plazmu do normalne razine.

Do sada smo razmatrali oblike uređaja za upravljanje, koji se suprotstavljaju promjenama u unutrašnjosti tijela. Endokrine žlijezde većinom su uključene u taj oblik upravljanja, dok centralni nervni sistem sudjeluje samo djelomično. Jedna od glavnih funkcija centralnog nervnog sistema jest zapažanje promjena okoline i prenošenje tih zapažanja putem nervnih impulsa raznim organima i tkivima, uključivši ovamo i endokrine žlijezde. Vanjske povrede, prejaka vrućina ili hladnoća, štetne droge i osjećajne reakcije na razne događaje mogu utjecati na aktivnost prednjeg režnja hipofizne žlijezde (putem hipothalamusa) i dalje na podređene žlijezde. Liječnici već dugo znaju, da zbog jakih uzbuđenja mogu nastati kratkotrajnije i dulje amenorhee* i hipertiroidizmi, a endokrinolozi su sada otkrili i uzroke. Adrenalni korteks jest žlijeda, koja je u neposrednoj vezi s otpornošću prema vanjskim promjenama. Ona reagira povećanim izlučivanjem nekog od svojih steroidnih hormona, koji omogućuju organizmu da podnese podražaje, koji bi inače brzo prouzrokovali smrt kod životinja, kojima je izvađena adrenalna žlijezda. Adrenalni kortikotropni hormon (ACTH) i C_{11} oksidirani steroidi korteksa kao kortizon, upotrebljavaju se sada klinički za suzbijanje niza bolesti, kao na pr. reumatičnih artritisa i alergija. Njihov učinak vjerojatno ne ovisi o odstranjivanju uzroka tih bolesti, već o prilagođavanju reakcija tkiva na njih.

Centralni nervni sistem također vrši glavni utjecaj na metabolitske procese neposrednim upravljanjem motornim i drugim efektornim organima. Reagirajući na nervne impulse, mišići

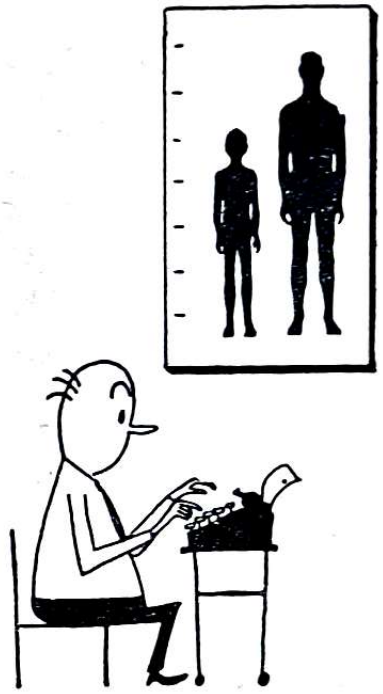
* Neprirodna odsutnost ili zakašnjenje menstrualnog čišćenja. — *Prev.*



Mozak, obaviješten nervnim impulsima o događajima u tijelu i izvan tijela, odgovoran je za integralno i umjereno reagiranje tijela. Neke reakcije provodi izravno preko živaca, koji onda aktiviraju mišiće; neke opet provodi preko živaca, koji aktiviraju žlijezde, kao na primjer adrenalnu medulu, čiji hormoni onda djeluju izravno; ili pak reagira pomoću živaca preko hipofize, čiji hormoni aktiviraju žlijezde ili pak djeluju izravno. Nervni podražaji prenose se poput signala u telegrafskoj žici, dok se hormoni žlijezda prenose u krv poput paketa u tovarna kola. (Dinamo mozga povezan je izravno sa zadnjim režnjem hipofize, a duljim živcima sa tiroidnom žlijezdom u vratu, te sa pankreasom, adrenalnom žlijezdom i gonadama u trupu i konačno, dakako, i sa mišićima ruke ili bilo kojim drugim mišićima).

se stežu i prelaze iz stanja mirovanja u stanje snažnog naprezanja, s velikim porastom potroška energije u djeliću sekunde. Slina u ustima malog dječaka, koji očekuje voljenu poslasticu, isto je tako vrsta metabolitske reakcije žlijezda slinovnica na vanjski poticaj, koji im je dojavljen preko centralnog sistema. Posredovanje živaca važno je za stanovite organe, naročito skeletne mišiće, koji poslije primitka impulsa vrše potrebni rad. Kada je prekinuta veza živaca i mišića, kao na pr. kod dječje paralize, mišići atrofiraju. Drugim riječima, potreban je stalan utjecaj centralnog nervnog sistema na mišićje, kako bi se održali sintetski procesi, koji nadoknađuju potrošene metabolite, i koji su važni čak i kad mišić miruje. S druge strane, stalno vježbanje mišića zbog opetovanih nervnih stimulacija dovodi do mišićne hipertrofije i do povećavanja količine metabolitski aktivnog tkiva.

Razne stupnjeve upravljanja u tijelu možemo uporediti sa sličnim uređajem za upravljanje jednog oceanskog broda. Zamršeni mehanizam upravljanja tkivima odgovara: obliku brodskog korita, veličini i obliku vijka, vrsti stroja, kvaliteti upotrebljenog goriva i raznim faktorima i prirodnim pojavama, koje utječu na brzinu i kretanje broda. Endokrini sistem odgovara žiroskopskom uređaju za upravljanje broda, koji, kad je jednom brod stavljen u određeni pravac, automatski odgovara vanjskim i unutrašnjim silama, koje bi eventualno krenule sa svog pravca, ili automatskom uređaju za upravljanje brzinom na kapetanskom mostu. Da upotpunimo usporedbu, centralni nervni sistem odgovara pilotu ili samom kapetanu, koji može mijenjati pravac i brzinu broda pomicanjem žiroskopa ili uređaja za upravljanje brzinom, prema prilikama na putu ili prema vlastitom nahođenju.



SEDMO POGLAVLJE

Konačni cilj: Energija i rast

U prijašnja dva poglavlja raspravljali smo o važnim pojedinostima mehanizma, kojim se služe stanice i tijelo u provođenju kemijskih reakcija, koje daju životnim procesima energiju i mnoge materije za gradnju i obnovu tjelesne strukture. To je impresivna priča, kojoj nema ravne ni u nauci ni u mašti. To je priča o korisnim postupcima, o osjetljivim i automatskim nadzornim uređajima, o spremnosti na iznenadne događaje bez svijesne kontrole čovjeka, osim pri samom uzimanju hrane odnosno pri jedenju. Ovo posljednje ugodno je, ako je po volji, i imperativno, po svaku cijenu, ako nije po volji.

Veći dio te priče nova je nauka. Doista, o mnogo čemu od toga za sada još ne možemo govoriti, jer će nam tek buduća istraživanja dati potrebne podatke. Priča nas zapanjuje, kako zbog svoje velike složenosti, tako i zbog neophodne važnosti svake i najmanje pojedinosti. Međutim, uđemo li suviše u zamršene pojedinosti, lako izgubimo iz vida konačni cilj. Preostaje nam još, dakle, da istražimo, kako se upotrebljavaju mali djelići energije, koji se oslobađaju u milijardama encimskih reakcija, i što se događa s hranjivim sastojcima, ako se ne iskoriste kao izvor energije, već služe za obnovu pojedinih dijelova tijela. Konačni cilj primanja hrane dvostruk je: energija i rast. Sve što smo do sada rekli, usmjerit ćemo na ta dva cilja.

OSLOBAĐANJE I UPOTREBA ENERGIJE

Energetski gledano, imamo tri tipa kemijskih reakcija: one za čiji je tok potrebno dovoditi energiju iz vana, one koje oslobađaju energiju, i one koje energiju niti troše niti je oslobađaju. Reakcije, koje moraju primati energiju, zovu se »endoenergetske« (što znači »energija ulazi«); reakcije, koje oslobađaju energiju, zovu se »egzoenergetske« reakcije (»energija izlazi«); treću grupu zovemo »neutralne« reakcije. Unutar žive stanice odvijaju se sva tri tipa reakcija. Ukupna energija, koju tijelo oslobađa u određenom vremenskom razmaku, jest razlika između sume energije, koju oslobađaju sve egzoenergetske reakcije i sume energije, koju troše sve endoenergetske reakcije. Kako se razgradnja i oksidacija hranjivih sastojaka zbiva postepeno, t. j. sve se veze ne kidaju istovremeno, to se i energija može oslobađati, a i oslobađa se, a da se pritom ne razvija toliko topline, da bi se naglo povisila temperatura i uništila proteine encima. Održavanje života ovisi o postepenom oslobađanju energije te o maloj količini svakog oslobođenog djelića.

Veliki dio kemijske energije, koji je spremljen u hranjivim sastojcima i koji se oslobađa u raznim reakcijama metabolizma, doprinosi kretanju molekula u stanicama i unutar tijela, što se ispoljuje kao toplina. Stalna i redovita proizvodnja topline održava temperaturu tijela, te je životna potreba svih toplokrvnih životinja. Ne održava li se potrebna temperatura, onda se zbog smrzavanja ili jakih vrućina poremećuju unutar tijela osjetljive i dobro uravnotežene encimske reakcije, a sam je život ugrožen. Pretvaranje energije u toplinu glavni je cilj primanja hrane, ali ne i jedini.

Velik dio energije stvorene u metabolizmu nikada se ne pojavljuje kao toplina — zapravo se nikada ne oslobađa u općem smislu te riječi — već se neposredno pretvara u mehaničku radnju u mišićima, ili se upotrebljava za stvaranje visokoenergetskih tvari, koje se spremaju ili ugrađuju u tjelesnu strukturu. Mali dio služi za neku vrstu električnog rada stanica, naročito nervnog sistema.

Promotrit ćemo kako se energija stvara u egzoenergetskim reakcijama, kao na pr. kod oksidacije, te kako se predaju endoenergetskim reakcijama, kao na pr. kod izgradnje složenih proteinskih molekula za nove stanice tkiva. Ovdje susrećemo mnoge međustepene prijenose energije uz sudjelovanje mnogih kemijskih tvari. Njihova su imena nepoznata, jer se nikada ne spominju u novinskim člancima, a ni u jednostavnim udžbenicima, jer su vjerojatno predugačka. No, oni su bitni za prehranu, a prema tome i za život.

Među njima je od primarne važnosti grupa fosfatnih spojeva. Formula je fosforne kiseline H_3PO_4. Njene se anorganske soli upotrebljavaju u razne svrhe, kao na pr. u pecivnom prašku. Kalcijev fosfat glavni je sastojak kostiju i zubâ, a kako je anorganske prirode, to ti dijelovi životinja odolijevaju još dugo poslije smrti procesima raspadanja. Fosforna kiselina ulazi također lako i u organske spojeve. U tom se slučaju općenito jedan vodikov atom odvoji, a na njegovo mjesto veže se neka organska grupa, kao alkohol ili glicerin. Tijelo dobro iskorišćuje fosfatnu grupu — H_2PO_4.

Jedan od intermedijarnih spojeva razgradnje ugljikohidrata u životinjskoj stanici jest supstanca sa 3 ugljikova atoma, 3-fosfoglicerin aldehid. Ako ga oksidiramo u laboratoriju u

fosfoglicerinsku kiselinu, oslobađa se energija u obliku topline:

3-fosfoglicerin aldehid → fosfoglicerinska kiselina + energija

$$P—CH_2 . CHOH. \underset{\underset{O}{\|}}{C—H} \rightarrow P—CH_2 . \underset{\underset{O}{\|}}{\mathbf{CHOH.}\ C—OH} + \text{energija}$$

P — je kratica za fosfatnu grupu: $OPO_3 . H_2$. Međutim u tijelu je ta reakcija nešto složenija i teče u dvije stepenice, pri čemu se ne oslobađa odmah toplinska energija. Prva je reakcija stvaranje 1 : 3 difosfoglicerinske kiseline:

3-fosfoglicerinaldehid → 1 : 3 difosfoglicerinska kiselina

$$P—CH_2 . CHOH. \underset{\underset{O}{\|}}{C—H} \rightarrow P—CH_2 . CHOH . \underset{\underset{O}{\|}}{C\sim P}$$

Simbol ~ P predstavlja fosfatnu grupu vezanu visokom energetskom vezom na ugljikov atom. Energija, koja bi se inače oslobodila kao toplina, ostaje u molekuli koncentrirana kao kemijska energija u vezu, koji veže fosfatnu grupu na prvi ugljikov atom. Takva se fosfatna grupa općenito piše $\widetilde{P}$. Energija takva veza akvivalentna je 11.000 kalorija po molu (jedinica količine) fosfata. Nastala 1:3 difosfoglicerinska kiselina reagira sa adenozin difosfatom (ADP ili A-P-$\widetilde{P}$). To je supstanca, koju nalazimo u svim živim stanicama, a koju smo već prije spomenuli. Reakcija teče:

$$P—CH_2 . CHOH . \underset{\underset{O}{\|}}{C\sim P} + ADP \rightarrow P—CH_2\ CHOH . \underset{\underset{O}{\|}}{C—OH} + ATP$$

1 : 3 difosfoglicerinska kiselina → fosfoglicerinska kiselina ADP prima fosfatnu grupu sa visokoenergetskim sadržajem ugljikovog atoma 1 i postaje adenozin trifosfat (A-P-$\widetilde{P}$-$\widetilde{P}$ ili ATP). Tako je stvorena fosfoglicerinska kiselina, ali se energija nije oslobodila kao toplina, već ostaje vezana u visoko energetskoj grupi.

Važnost takva spremanja kemijske energije vidimo iz daljnje sudbine molekule adenozin trifosfata. Da bi stanica mogla upotrijebiti glukozu, mora se njezina molekula najprije pretvoriti u glukoza-6-fosfat. Ta je reakcija endoenergetska. Potrebnu energiju daje A-P-P-P na ovaj način:

$$\underset{}{\text{glukoza} + \underset{(ATP)}{\text{A-P-}\widetilde{P}\text{-}\widetilde{P}}} \rightarrow \underset{}{\text{glukoza 6-P} + \underset{(ADP)}{\text{A-P-P}}}$$

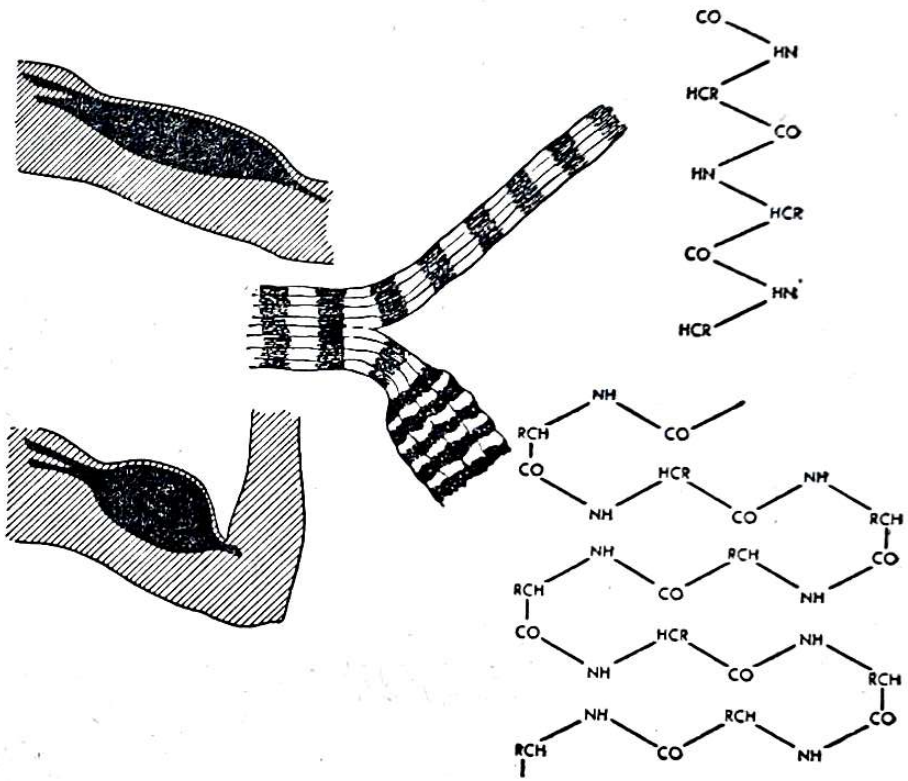
Tako se posredovanjem visoko energetskih fosfatnih vezova ne gubi kemijski vezana energija 3-fosfoglicerin aldehida u obliku topline, već se sačuva u fosfatu, kako bi izvršila koristan dio kemijskog rada. Taj nam primjer objašnjava glavni princip, naime, da se energija metabolitskih procesa najprije upotrebljava za stvaranje visokoenergetskih fosfatnih vezova, a zatim za vršenje endoenergetskih reakcija. Usporedimo li živu stanicu s motorom, visokoenergetski fosfatni vezovi djeluju kao zamašnjak, koji nagomilava energiju i prenosi je ravnomjerno na stroj, dok sila motora miruje.

Općenito je za sintezu složenih molekula, kao što su proteini, glikogen i masti, potrebna energija, koja se dobiva preko fosfatnog prijenosnog sistema. S obzirom na to, razumljivo je, da su potrebne brze metabolitske promjene i brza razgradnja hranjivih sastojaka za vrijeme aktivnog rasta životinje, t. j. u periodu u kojem se vrše složene sinteze, proizvodnja novih ili većih stanica. Očito je također, da faza izgradnje ili anabolizma nije striktno odijeljena od razgradnje (katabolizma). Ta je podjela važna samo radi jednostavnijeg objašnjavanja.

Svaka živa stanica sadrži sistem adenilne kiseline. Taj sistem može početi sa adenilnom kiselinom (AMP), koja najprije primi jednu, a zatim drugu visokoenergetsku fosfatnu grupu po molekuli, i tako nastaje adenozin trifosfat, koji opet predaje dalje jednu ili obje visokoenergetske grupe. Količina energije, koja se može na taj način prenijeti s jedne reakcije na drugu, u tom je momentu, naravno, ograničena količinom prisutne adenilne kiseline. Upotreba tog energetskog sistema u stanicama i tkivima neprekidna je, jednakomjerna i prilagođena brzini metabolizma.

Živci i mišići predstavljaju provodna i kontraktilna tkiva, koja mogu biti svakog časa pozvana, da izvrše vrlo brzo naročiti rad, kako bi odgovorili na vanjske iznenadne poticaje. U tom se slučaju brzina metabolizma brzo prilagodi potrebama. Međutim to nije dovoljno za oslobađanje većih količina energije za potrebe izvanrednih i iznenadnih poticaja. Za takve slučajeve postoji poseban mehanizam. Živčane i mišićne stanice sadrže velike količine kreatina. Kreatin reagira sa ATP i stvara kreatin fosfat (CrP), koji je sam po sebi visokoenergetski spoj. Taj uređaj služi kao spremište energije. Tim se uređajem sprema energija dok metabolitske reakcije teku, a potreba za radom je mala. Kada je mišić iznenada pozvan da se stegne, kreatin fosfat vraća visoko energetsku grupu adenilnom sistemu, podržavajući na taj način rad mišića, dok se brzine metabolitskog procesa ne prilagode toj većoj potražnji. Preostaje nam još da razmotrimo treći tip energetske pretvorbe, u kojoj se kemijska energija metabolizma pretvara u rad, stvarni fizički rad mišića. Do nedavna nam nije bilo ništa poznato o mehanizmu, kojim se aktivira rezervna kemijska energija pri stezanju mišića. Iako tu fazu iskorićivanja energije još uvijek nepotpuno poznajemo, ipak imamo već dovoljno podataka, da možemo stvoriti približnu sliku o onome, što se događa, kad se mišić stegne.

Mišićna stanica sadrži uzdužna vlakna, koja su smještena paralelno jedno pored drugoga. Ta su vlakna sastavljena većinom od molekula proteina u obliku štapića: taj se protein zove »aktomiozin«. Svakoj molekuli aktomiozina pripojen je atom magnezija i molekula ATP. Aktomiozin molekule poredane su u paralelnim relativno ravnim vlaknima, kao što je to prikazano na slici gore desno. Kad mišićno vlakno primi nervni impuls, dolazi do iznenadnog nadiranja aktomiozin vlakna, kao što se vidi desno dolje. Posljedica toga je skraćivanje i širenje mišićnog vlakna (kontrakcija). U stegnutom stanju molekula aktomiozina djeluje kao encim, koji cijepa pripojeni ATP oslobađajući adenilnu kiselinu i anorganski fosfat. Zatim nova molekula ATP nadomjesti staru, a aktomiozin molekula vraća se u početno stanje (relaksacija). Na taj način



Skraćivanje mišićne mase može se danas pratiti sve do samih molekula koje su poput vrpce. Kad se mišić stegne, postaju uzdužno smještena mišićna vlakna, i vlakanca u svakom vlaknu kao i vrpce aktomiosin molekula kraće i deblje. To se moglo vidjeti pomoću svjetlosnog ili elektronskog mikroskopa ili prikazati difrakcijom rentgenskih zraka. Nabiranje molekula primarni je proces skraćivanja mišića.

kemijska energija fosfatnih vezova mijenja oblik molekule aktomiosina, a posljedica toga je skraćivanje i produljivanje mišićnog vlakna. Time se kemijska energija pretvorila u mehaničku energiju. Ne samo da je izvršena radnja, već i aktomiozin ponovno dobije svoju rezervu energije, te se ponovno smota ili nategne poput pera, spreman za novi zadatak.

Danas se smatra, da pri provođenju živčanih impulsa, stvaranju električne struje (razlike potencijala) u mnogim tkivima i osmotskom radu protiv porasta tlaka (kao u bubrezima)

sudjeluje fosfatno-energetski sistem. Takav je sistem sigurno pogodan za spremanje i prijenos energije kao i za provođenje korisnih reakcija s minimalnim rasipanjem energije i gubitkom topline, a bez upotrebe visokih temperatura i visokog električnog napona, kao što je to slučaj kod strojeva, koje je stvorio čovjek. Prema tome, taj je sistem neuporedivo savršeniji od naših strojeva.

TROŠENJE I POTREBA ENERGIJE

Život se održava zahvaljujući dobrotvoru čovječanstva — adenozin trifosfatu, koji svaku stanicu tijela opskrbljuje podesnim oblikom energije uvijek na mjestu i na način koji se traži. Tijelo je u prvom redu zainteresirano da ostane živo, a to je samo po sebi energetski problem. To se zbiva automatski, neovisno o pažnji i svijesti žive osobe. Usprkos tome, svijesni život predstavlja aktivan rad mišićnog, nervnog i žljezdanog uređaja tijela. Rad, zabava i mišljenje, sve to treba i troši energiju. Orač, plesač kao i profesor jedu, kako bi dobili energiju. Bez obzira na to, da li rade korisno ili beskorisno, polako ili brzo, oni je troše. Gledano energetski, konačna je posljedica svakog primanja hrane i rada blago i polako zagrijavanje atmosfere.

To nije pesimizam, nego samo činjenica. Ma kojim putem krenula energija, ma kako završio taj put, konačno ipak prelazi u toplinu, i u tom je obliku apsorbira zrak. Zato se ne samo ljudski rad, već i vrijednost hrane izražava kalorijama — osnovnim jedinicama za mjerenje topline. Naučna istraživanja o trošenju čovječje energije, te prema tome i o potrebi hrane, osnivaju se na mjerenjima proizvedenih kalorija topline.

TROŠENJE ENERGIJE

Ukupni se potrošak tjelesne energije može mjeriti tako, da se životinja ili osoba zatvori u uređaje za mjerenje topline nazvane kalorimetar, te se mjeri ukupna količina proizvedene topline. Mjerena količina topline jest suma bezbroja malih

količina oslobođenih raznim kemijskim reakcijama, koje se odvijaju u svim tkivima i organima tijela, te je ekvivalentna ukupnoj vezanoj energiji kemijskih sastojaka, koji su se razgradili odnosno oksidirali. Za vrijeme mjerenja odvijaju se također neke endoenergetske reakcije, tako da ukupna oslobođena energija predstavlja zapravo razliku između svih egzoenergetskih reakcija, s jedne strane, i svih endoenergetskih reakcija, s druge strane. Većina početne vezane energije ne prelazi direktno u toplinu, nego se prvo pojavljuje u obliku rada, kao što je stezanje mišića, nervna provodljivost ili izlučivanje žlijezda. Ali bez obzira na oblike, kroz koje energija prolazi, ona se konačno ipak sva pojavljuje kao toplina. Principi mjerenja ukupnog potroška energije u obliku konačne topline, mogu se jednostavno prikazati pomoću poznate igračke, a to je parni stroj, što ga tjera goruća svijeća. Pretpostavimo, da smo tu igračku stavili u kalorimetar. Izvor energije jest goruća svijeća, koja upotrebljava kisik zraka, kojim pretvara svoje ugljikovodike u ugljični dioksid i vodu stvarajući toplinu i svijetlo. Svijetlo je drugi oblik energije, u koji se pretvara nešto kemijske energije svijeće. Točak, koji se okreće, predstavlja mehaničku energiju istog izvora. Ima li stroj parnu zviždaljku, zvuk je zviždaljke četvrti oblik energije, koji potječe od svijeće. Zatvorimo li stroj u kalorimetar, tako da ne može izići ni svijetlo ni zvučna energija, tada se svi oblici pretvaraju u toplinu, koja podiže temperaturu vode. Mjereći povišenje temperature zapravo mjerimo ukupnu energiju, koju upotrebljava i troši stroj, bez obzira na to, kroz kakve je oblike prošla energija, prije nego što se konačno pojavila kao toplina. Ali time se također mjeri i kemijska energija, koja se oslobađava gorenjem svijeće. Bilo bi zato moguće iz ukupne količine topline, koja se stvorila, u određenom vremenu i iz poznatog kemijskog sastava svijeće izračunati, koliko se svijeće potrošilo. Nadalje je moguće mjeriti ukupnu količinu energije indirektno iz količine kisika, koju je svijeća potrošila za vrijeme pokusa.

Na tome bazira direktna (mjerenje topline) i indirektna (mjerenje potroška kisika) kalorimetrija, koja se upotrebljava

za mjerenje ukupne topline, koju proizvodi čovjek ili životinja. Toplina se mjeri kalorijama. Mala kalorija (pisano sa malim *c*) jest količina topline, koja je potrebna da se temperatura 1 cm^3 vode povisi za 1^0. Velika kalorija (pisano sa velikim *C*) predstavlja 1000 malih kalorija. Ta se jedinica općenito upotrebljava u prehrani i dijetetici. Međutim, kako se sva mjerenja hrane u prehrani vrše u velikim kalorijama, a nikada u malima, a upotreba je velikog slova nespretna, to se iz tehničkih razloga upotrebljava malo *c* za veliku kaloriju. Ne treba posebno naglašavati, da kalorije nisu neki posebni sastojak hrane ili povremeni agens. Kad kažemo, da je netko pojeo stanovit broj kalorija, to drugim riječima znači izvjesnu količinu proteina, masti ili ugljikohidrata, koji spaljeni u kalorimetru daju taj broj kalorija. Kako je direktni kalorimetar, koji bi bio dosta velik za čovjeka, vrlo složen i skup aparat, to se za istraživanja proizvodnje ljudske energije u praksi upotrebljava indirektni kalorimetar. Vratimo se načas našoj igrački — parnom stroju. Izračunavanje količine potrošene svijeće iz količine potrošenog kisika jednostavan je aritmetički problem. Čak kad bi svijeća bila sastavljena od 3 vrste parafina, ne bi bilo većih poteškoća, pretpostavljamo li, da je poznat kemijski sastav svakog parafina i da je svijeća sastavljena od homogene smjese tih parafina u određenim omjerima. Međutim račun bi bio nemoguć, kad svijeća ne bi bila homogena i kad te tri vrste parafina ne bi bile u određenim omjerima. Ali upravo taj slučaj imamo u tijelu s obzirom na tri glavna hranjiva sastojka — proteine, masti i ugljikohidrate. Zbog toga je potrebno više podataka, nego što je to samo potrošak kisika, da bi se mogla izvršiti indirektna kalorimetrija.

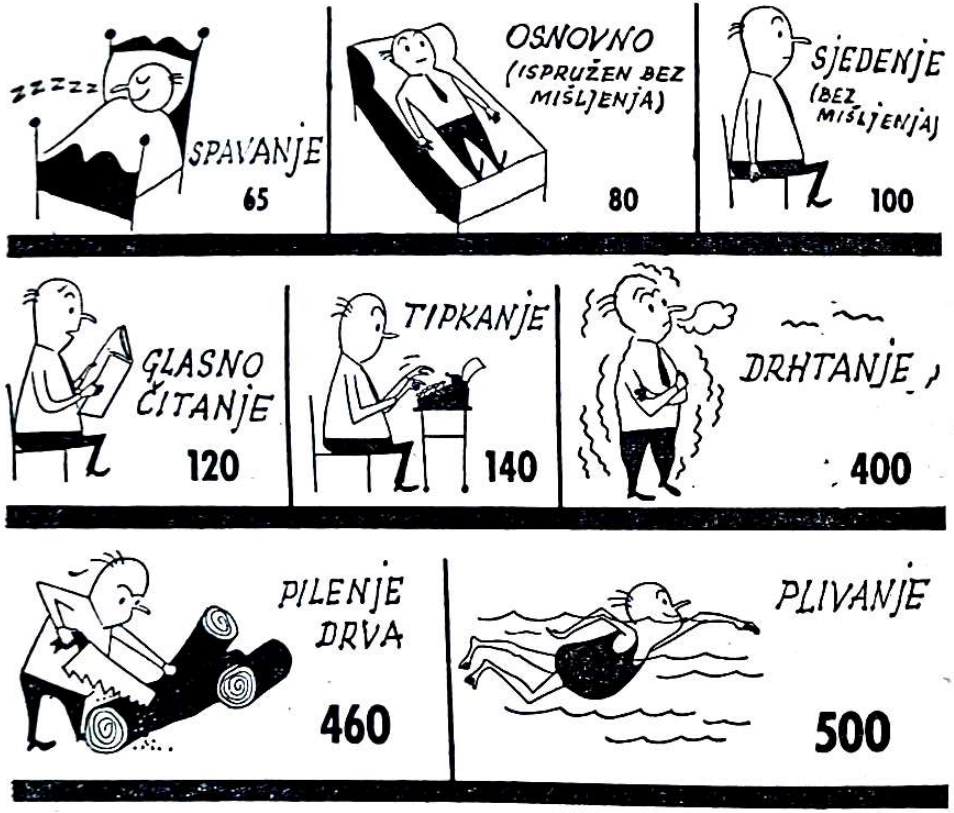
Srećom, proteini se ne potroše sasvim, kad se cijepaju i oksidiraju u tijelu. Bitna je karakteristika proteina dušik aminokiselina, koji se gotovo kvantitativno izlučuje kao urea u mokraću. Dakle, skupimo li svu ureu izlučenu tokom rada kalorimetra i analiziramo li u mokraći neproteinski dušik, možemo izračunati količinu proteina, koja se razgradila za vrijeme pokusa, ako pomnožimo tu količinu dušika sa faktorom 6.25.

Protein sadrži prosječno 16% dušika, t. j. važe 6.25 puta toliko, koliko u njemu sadržani dušik. Nadalje, možemo izračunati količinu kisika potrebnu da se ta količina proteina razori, a ta se odbije od ukupne količine potrošenog kisika. Preostali se kisik prema tome upotrijebio za razaranje masti i ugljikohidrata.

Kako se raspoređuje preostali kisik na masti i ugljikohidrate, vidimo iz količine ugljičnog dioksida, koji se razvija za vrijeme pokusa. Na svakih 1.000 ccm kisika, koji se troši pri spaljivanju ugljikohidrata, proizvodi se 1.000 ccm ugljičnog dioksida. Spaljivanje masti međutim daje samo 700 ccm ugljičnog dioksida na potrošenih 1.000 ccm kisika. Odnos proizvedenog ugljičnog dioksida prema potrošenom kisiku, t. zv. respiratorni kvocijent »R. Q«, iznosi za čiste ugljikohidrate 1, a za čistu mast 0,7. Respiratorni kvocijent jest indeks relativnog odnosa masti i ugljikohidrata u hrani, ili, u slučaju ljudskog metabolizma, odnos tih sastojaka u obroku ispitivane osobe. Pomoću ta 3 faktora, koja možemo lako mjeriti, a to su količina izlučenog dušika, količina proizvedenog ugljičnog dioksida i količina potrošenog kisika, možemo dobiti točnu mjeru oslobođene topline tokom pokusa. Tako je, bez troškova, koje bismo imali, kad bismo čovjeka zatvorili u energetski neprobojan kalorimetar, izvršen velik broj mjerenja potroška ljudske energije za rada, odmora i pod raznim uvjetima. Približni su rezultati mjerenja količine utrošenog kisika odgovarajuća mjera za proizvedenu energiju.

Jednostavnim računom mogu se kalorije pretvoriti u količinu hranjivih sastojaka, koja se troši pri vršenju rada ili je potrebna za izvršenje rada. Opći sastav, t. j. odnos ugljika, vodika, kisika i dušika po molekuli, vrlo je sličan kod raznih proteina. Tako su i masti međusobno slične u procentualnom sastavu ugljika, vodika i kisika. Ugljikohidrati se isto vrlo malo razlikuju u procentnom sastavu. Po gramu ugljikohidrata dobivamo gotovo istu količinu kalorija, bez obzira na to, da li se radi o šećernoj ili bilo kojoj škrobnoj hrani. Svi daju 4.0 kalorija po gramu. Masti međutim daju 9.0 kalorija po gramu, bez obzira da li se radi o maslacu, biljnom ulju ili

pravoj životinjskoj masti, dakle više od 2 puta nego ugljikohidrati. Ta je razlika za kemičare lako shvatljiva, jer formula ugljikohidrata $(CH_2O)_n$ pokazuje, da je svaka molekula ugljikohidrata već djelomično oksidirana. Ugljikohidrati imaju



Tijelu je potrebna energija za održavanje života kao i dodatna energija za rad i odolijevanje zimi. Kalorije, koje su tijelu potrebne, variraju prema aktivnosti tijela i prema vanjskoj temperaturi.

toliko kisika, da taj može vezati sve vodikove atome ili polovinu ugljikohidrata atoma, te oni ne mogu potrošiti toliko kisika niti dati toliko energije, kao ista težina masti, koja sadrži relativno malo kisika, pa je zbog toga bogatiji pogonski materijal, kalorički vredniji.

Ukupni potrošak tjelesne energije, t. j. broj kalorija, koje treba pojesti u obliku hrane, kako bi se održala tjelesna težina, ovisi o nekoliko faktora. Glavni su: unutarnje i vanjsko izvođenje rada i potrebna tjelesna temperatura. Vanjski se rad tijela znatno razlikuje prema starosti, veličini i težini pojedine osobe, te prema njenom zanimanjeu i načinu odmora. Energija potrebna za održavanje unutarnje sredine relativno je konstantna zbog mnogih složenih hormonalnih i živčanih regulatornih faktora, o kojima smo već govorili. Tjelesna je temperatura toplokrvnih životinja, kao na pr. čovjeka, vrlo konstantna, a to je i potrebno, jer na taj način tijelo ne ovisi o dnevnim i sezonskim promjenama temperature okoline. Zmije i ostale hladnokrvne životinje, koje ne reguliraju svoju tjelesnu temperaturu, aktivnije su, kad je vruće, a trome, kad je hladno. Civilizacija i gospodarenje čovjeka čitavim svijetom, — tropskim krajevima, umjerenim pojasom i arktikom — ovisi o njegovoj sposobnosti da održi svoju duhovnu i fizičku aktivnost bez obzira na temperaturu okoline. Samo je dio te sposobnosti prirodan. Goli čovjek može živjeti napolju samo u tropskim krajevima i u stanovitim ograničenim sezonama u drugim klimatskim područjima. Ljudski pronalasci, kao što su to skloništa i naselja, upotreba vatre, grijaćih i rashladnih uređaja, te pogodna odjeća, proširili su prirodnu sposobnost ljudi, pa tako mogu preživjeti svako godišnje doba i svaku klimu.

Na koji način goli čovjek održava svoju tjelesnu temperaturu konstantnom usprkos znatnim promjenama okolne temperature? Ta konstantnost očito ovisi o ravnoteži, odnosno o izjednačenosti između proizvodnje topline (metabolizma), s jedne strane, i gubitka topline, s druge strane. Kako je količina potrebne energije za održavanje unutarnje sredine za vrijeme mirovanja tijela relativno konstantna, to je regulacija tjelesne temperature kod konstantne vanjske temperature vrlo jednostavna. Tijelo mora gubiti toliko topline po jedinici vremena, koliko je proizvodi za održavanje metabolizma pri mirovanju. Međutim nagle promjene okolne temperature, na više ili niže, traže brzo i točno prilagođavanje, bilo proizvodnjom topline, bilo gubitkom topline, bilo jednog i drugog.

Stezanje skeletnog mišića glavni je način za povećanje proizvodnje topline. Kad se tijelo počne hladiti, nastupa nesvjesno trzanje mišićnih vlakana — mi dršćemo. To je jednostavni oblik rada. Metabolitska energija potrebna za ta trzanja pojavljuje se konačno kao toplina i ugrijava tijelo. Čovjek svjesno predusreće i potpomaže taj uređaj radeći svojim mišićjem, kad je izložen znatnijoj hladnoći. To se može ispoljiti kao lagani nemir, sjedimo li na propuhu, ili na pr. kod seljaka, koji tjera svoja teretna kola kroz zimski snijeg, te uz to maše rukama i tapka nogama.

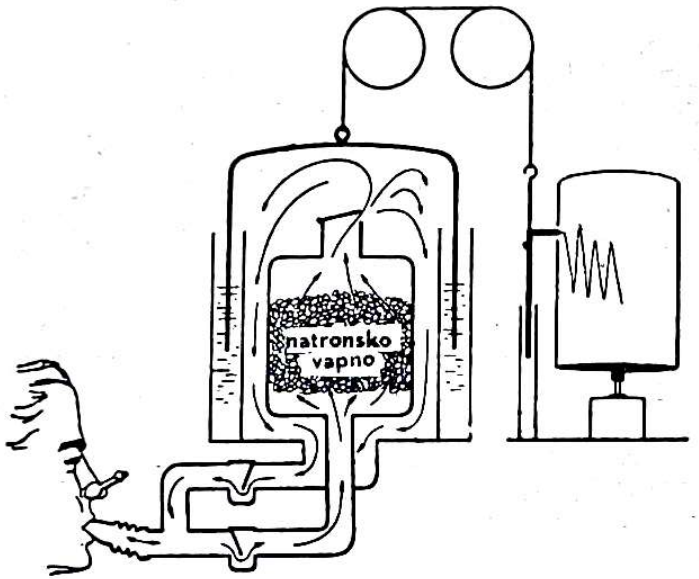
Gubitak suvišne topline mnogo je složeniji. Zbiva se uglavnom putem kože — toga velikog organa, koji je u neposrednom dodiru s okolinom. Koža otpušta toplinu provođenjem, prenošenjem, zračenjem i znojenjem, koje ne mora biti vidljivo, a opaža se samo u ekstremnim slučajevima. Čak i kad čovjek miruje i kad mu je ugodno, izlučuje se neprekidno znoj, koji se odmah isparava. To je t. zv. »neosjetno znojenje«. Znojenje je vrlo efikasan način za oslobađanje suvišne topline, ako okolina nije suvišno vlažna, jer je za isparivanje vode potrebna velika količina topline. Životinjama sa krznom, koje se ne mogu znojiti, po vrućini je vrlo neugodno, jer ovise gotovo potpuno o isparivanju vode kroz usta i jezik, koji su njihovi rashladni sistemi. To se očituje u poznatom dahtanju krznom pokrivenih životinja, kad je vruće. Međutim psi, mačke i neke druge životinje znoje se nešto i kroz jastučiće svojih tabana. Obilnim znojenjem čovjek gubi dosta soli iz tijela, jer znoj sadrži znatne količine natrijeva klorida. U vrućim klimama u nekim je industrijama zato potrebno uzimati veće količine soli, da se spriječi malaksalost.

Rashladni sistem tijela može se uporediti s automobilom, kod kojeg hladionik odgovara koži. Kao što automobilski motor ugrijava vodu, koja se zatim pumpa kroz hladionik, te se ohlađena vraća, da hladi motor, tako i krv prima toplinu koja se stvorila tokom metabolizma, nosi je u kapilare kože, gdje se nešto topline izgubi, a onda se krv vraća u unutrašnjost tijela, gdje regulira toplinu. Kao što se kod rashladnog sistema automobila može prema potrebi regulirati pomoću pipca

količina vode, koja se pumpa kroz hladionik, tako i važan motorni centar mozga regulira količinu krvi, koja protječe kroz kožu u skladu s potrebama tijela. Međutim, koža je savršenija od automobila, jer ima lokalne uređaje, koji mijenjaju promjer kožnih kapilara. To je isto kao kad bi se cijevi automobilskih hladionika stezale za hladnoće, a širile za vrućine. Količina krvi, koja protječe kožom, određuje količinu topline, koja se gubi provođenjem, prenošenjem i zračenjem, te utječe na brzinu izlučivanja znojnih žlijezda. Međutim, te su žlijezde većinom pod kontrolom nervnog sistema, što se vidi po bljedilu i poznatom »hladnom znoju« kod emotivnih potresa. Samo ospkrbljivanje krvlju također je pod nervnim upravljanjem. Odnos količine krvi prema kožnoj temperaturi možemo vidjeti na pr. po blijedoj koži pješaka zimi i po rumenoj oznojenoj koži kupača na sunčanoj obali u ljetno doba.

Ukupna se proizvodnja topline kod pojedine osobe znatno razlikuje u raznim trenucima, što većinom ovisi o mišićnoj aktivnosti. Ukupni metabolizam dviju osoba ne možemo uspoređivati, ako ne mjerimo proizvodnju topline pod istim uvjetima mišićnog rada, ali to nije lako. Jednostavnije je uspoređivati razne pojedince za mirovanja, jer su tada isključene velike razlike u vanjskom radu. Ukupna proizvodnja topline neke osobe za vrijeme mirovanja ovisit će, dakako, o veličini, težini, a u manjoj mjeri o starosti i spolu. No, čovjek vrlo dobro regulira svoju temperaturu, te je njegova proizvodnja topline za vrijeme mirovanja po jedinici težine ili površine vrlo konstantna. Uzimanje hrane kao drugu varijablu moramo isključiti, kako bismo postigli najbolje uvjete za uspoređivanje. Iskustvo nam je pokazalo, da je to uspoređivanje najbolje vršiti pod t. zv. bazalnim uvjetima, naime ujutro prije doručka, dok čovjek udobno leži na leđima i pošto je u tom položaju mirovao najmanje pol sata. Važno je također, da je temperatura prostorije, u kojoj se vrše mjerenja, takva, da se čovjek niti vidno znoji, niti mu je hladno. Pod tim uvjetima bio je promatran veliki broj ljudi oba spola, razne težine i starosti, te su na taj način određeni normalni standardi proizvodnje topline po jedinici težine ili površine za svaki spol

i svaku starost. To su poznati standardi za bazalni metabolizam. Odstupanja od tih normalnih standarda izražavaju se u procentima + ili —.

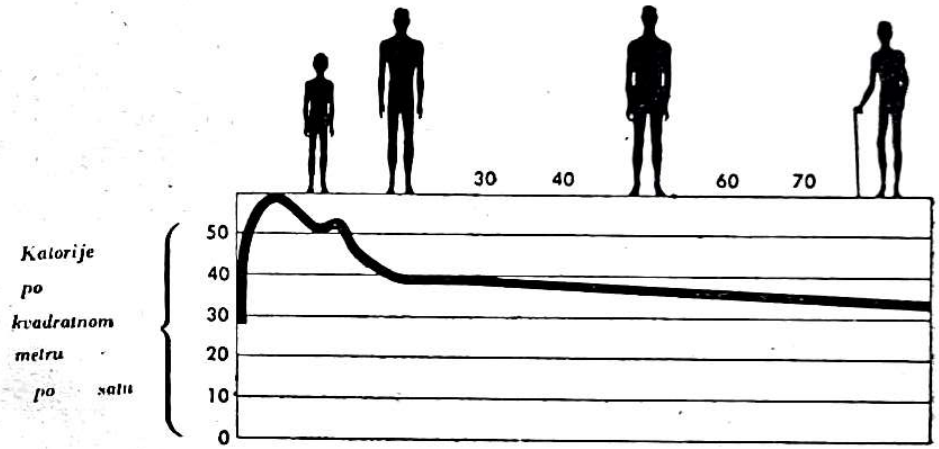


Bazalni metabolizam može se odrediti tako, da osoba udiše i izdiše kroz zvono koje pliva i sadrži kisik. Izdisani ugljični dioksid veže se na natronsko vapno te zvono tone, a priključeni se pokazivač diže, kako se kisik troši.

Takva se mjerenja bazalnog metabolizma klinički korisno primjenjuju većinom u dijagnozi i terapiji bolesti štitne žlijezde i drugih žljezdanih poremećaja, koji utječu na brzinu metabolizma. Radi jednostavnosti ta se mjerenja vrše indirektno kalorimetrijom, t. j. određivanjem količine potrošenog kisika. Kod jedne vrste aparata (vidi popratnu sliku) čovjek, kojemu se zatvore nosnice štipaljkom, diše kroz kaučukov pisak iz laganog cilindra punog kisika, koji je uronjen u vodu i držan protuutegom. Stvoreni se ugljični dioksid odstranjuje pomoću kemijskog apsorbensa, koji ga veže. Kako čovjek troši kisik, cilindar tone sve dublje u vodu. To se kretanje bilježi na bubnju, koji se okreće poznatom i stalnom brzinom, čime se ujedno bilježi i vrijeme.

Potrošak se kisika izračunava iz nagiba krivulje zabilježene na bubnju.

Pod bazalnim uvjetima normalni čovjek srednjeg rasta i težine oko 160 funti (73 kg), potroši količinu kisika, koja je ekvivalentna potrošku energije od oko 1500 kalorija za 24 sata. Na bazalni metabolizam utječe i starost, spol, visina i težina. U praksi se međusobno povezuju visina i težina, te se izračunava površina. Metabolizam po jedinici površine jest



Bazalni metabolizam (po jedinici površine) raste za vrijeme ranog djetinjstva. Prema zrelom razdoblju pada — sa malim skokom kada u mladosti postaju aktivni seksualni hormoni — i konačno polagano pada tokom preostalog životnog puta.

mjera, koja nam daje poredbene brojeve za razne osobe iste mase, ali razne tjelesne konfiguracije. Na priloženoj slici vidimo promjene bazalnog metabolizma po jedinici površine u odnosu na starost. Vidimo napadno visok metabolizam kod mladih dječaka u doba rasta, blago povišenje u doba puberteta, te polagani stalni pad u starijim godinama.

Bazalna proizvodnja topline predstavlja energiju za održanje funkcija tkiva i organa na minimumu potrebnom za zdravlje. Čak i kad tijelo potpuno miruje, srce mora neprestano pumpati krv, mišići grudi i dalje raditi, da se održi disanje, i t. d. Hranjivi sastojci i kisik, koji dospije u tkiva, također

se upotrebljavaju za održavanje sastava stanica, jer i onda, kad tijelo miruje, dijelovi se stanica neprestano razgrađuju i izgrađuju trošeći metabolitsku energiju. Usporedimo li to s automobilom, sistem palenja može se iskopčati, i motor miruje. Živi je organizam međutim poput automobila, čiji bi motor stalno radio, dok bi osovine kotača i auto mirovali. Tijelo može mirovati, ali njegov stroj nikada ne staje.

Ma da bazalni metabolizam kod većine ljudi istog spola, starosti i veličine teče približno istom brzinom, postoje i drugi utjecaji, koji djeluju na tu brzinu. Najčešće je to groznica. To je povremena povreda mehanizma za regulaciju topline, obično prouzrokovana infekcijom ili toksinima. Posljedica je toga porast tjelesne temperature, zbog čega se ubrzava većina kemijskih reakcija u tijelu, i to za oko 7% po svakom povišenom stupnju. Na povećanje bazalnog metabolizma utječe, nadalje, i povećana aktivnost tiroidne žlijezde, odnosno povećana aktivnost tiroidnih hormona. Pomanjkanje tog hormona zove se »hipotireodizam« i djeluje obratno. Emotivno uzbuđenje također povećava bazalni metabolizam, djelomično zbog živčanog poticaja i izlučivanja adrenalina iz adrenalne medule, djelomično zbog povećanja mišićnog tonusa i aktivnosti same živčane stimulacije, a djelomično povećanjem aktivnosti adrenalnog korteksa i tiroidne žlijezde putem hipotalamusa i prednjeg režnja hipofize. S duge strane, mirovanje i spavanje može sniziti brzinu bazalnog metabolizma za više od 10%.

Stepen se metabolizma kod rada, za razliku od bazalnog, naravno, znatno razlikuje sa vrstom rada, te može biti vrlo visok, u trenucima snažnog rada. Pojedini mišići tom prilikom mogu povećati potrošak energije i do 30 puta. Prosječni se potrošak energije za dnevni život i rad kreće od 2.000 kalorija kod žene malog rasta — koja miruje i stalno sjedi za pisaćim stolom, do nekih 6.000 kalorija kod visokog i jakog muškarca kao na pr. drvosječe, koji teško fizički radi. U tabeli 6 navedene su prosječne potrebe energije tokom 24 sata, uključujući 8 satni rad, kod raznih vrsta zanimanja. Ukoliko je izbor zanimanja možda malo zastario, to je zato, što su se

ta ispitivanja vršila u Evropi u prvim danima istraživanja o prehrani. Rad u modernoj industriji, međutim, spada u grupu od 3 do 4.000 kalorija.

Interesantno je spomenuti, da bazalni metabolizam od oko 1.500 kalorija predstavlja više od polovine kalorija potrebnih za sjedećeg rada i jedna četvrtina potrebnih za najtežeg posla. To znači, da za održavanje života treba primati toliko

Tabela 6*

Ukupna dnevna potreba energije, uključujući osamsatni rad u raznim zanimanjima

(Prema podacima Beckera i Hämäläinena)

	Kalorije
Muškarci:	
Krojači	2 600 — 2 800
Knjigovesci	3 000
Postolari	3 100
Metalni radnici	3 400 — 3 500
Ličioci	3 500 — 3 600
Stolari za fino pokućtvo	3 500 — 3 600
Klesari	4 700 — 5 200
Tesari	5 500 — 6 000
Žene:	
Švelje (koje rade na ruku)	2 000
Švelje (koje rade sa strojem)	2 100 — 2 300
Knjigovezačice	2 100 — 2 300
Kućne pomoćnice	2 500 — 3 200
Pralje	2 900 — 3 700

*) Uzeto iz »Calories in Medical Practice«, od E. F. Du Bois-a i W. H. Chambers-a u knjizi *Handbook of Nutrition* (Chicago: American Medical Association, 1943).

hrane, koliko je potrebno za rad u prosječnom dnevnom zanimanju, a najteži rad treba 3 puta više dodatne hrane, nego što je trebaju bitni tjelesni procesi života.

Vrijedno je spomenuti, da je duševni rad studenata i profesora sasvim miran, sa malo mišićnog rada, te ne traži veći potrošak energije ili veću količinu hrane. Iako to nije ugodno za intelektualce, ipak je donekle opravdano mišljenje radnika, da misliti ne znači raditi. Taj rad nije na kaloričnoj bazi.

Uzmemo li u obzir profinjenost svih tjelesnih mehanizama, iznenadit će nas, što tijelo, energetski gledano, nije naro-

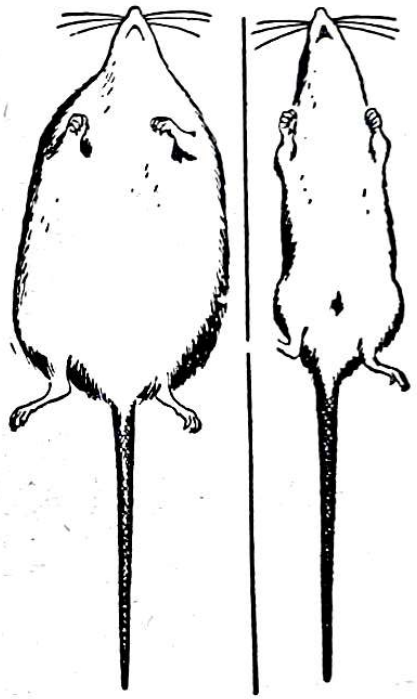
čito efikasan stroj. Pretvaranje kemijske energije hrane u aktivan rad vezano je sa znatnim gubitkom goriva. Ljudsko tijelo koristi samo oko 30%, zapravo između 20 i 40%. U obliku hrane trošimo 3 puta više energije, nego što je dobijemo u obliku fizičkog rada. To međutim ne znači, da fiziološki stroj radi sa manjim iskorištenjem, nego stroj, što ga je čovjek stvorio. Strojevi s unutarnjim sagorijevanjem imaju gotovo isti stupanj iskorištenja (30%), dok je obična parna mašina manje efikasna (13—25%).

Razne se osobe ne razlikuje međusobno u efikasnosti, kojom pretvaraju energiju hrane u rad. Količina hrane, koja je potrebna i koja se troši za istu količinu rada, ista je za sve. O tome se često govori kod snažnih nezgrapnih ili upravo predebelih ljudi, koji zapravo ne trebaju više hrane od mršavih, ali koji je uzimaju više. Oni tvrde, da ne jedu suviše, a žale se, da ne mogu izgubiti na težini, čak i kad gladuju. Drugi se zakon termodinamike međutim primjenjuje isto tako strogo na ljudski stroj, kao i na svaki drugi. Nitko ne može stvoriti ni energiju ni materiju, ako ne primi ekvivalentnu količinu energije ili materije u obliku hrane. Nitko od nas nema sposobnosti, koju posjeduju biljke, t. j. da sintetizira ugljikohidrate iz sunčane svjetlosti, zraka i vode. Težina tijela ovisi isključivo o razlici kalorija primljenih probavom i apsorbiranim iz hrane u toku 24 sata, i kalorija potrošenih u istom vremenu u obliku topline i rada. Porast težine, osim časovitih promjena, koje mogu nastati povremenim zadržavanjem vode, pokazuje, da osoba suviše jede. Međutim, debljanje mogu prouzrokovati i endokrina oboljenja ili emotivni poremećaji na slijedeća dva načina: usporenjem metabolizma i smanjenjem količine rada, te proizvodnje topline, uz isto

Dobivanje na težini izravni je znak da osoba previše jede.

obilno primanje hrane, ili povećanjem apetita i prema tome i primanja hrane, dok proizvodnja topline i rada ostaje nepromijenjena.

Baš zbog ove stroge ravnoteže između primanja i davanja energije, značajno je, da mnogi odrasli mogu kroz dulji pe-



Centar na dnu mozga upravlja apetitom. Povreda tog centra može dovesti do prežderavanja, kao što se to vidi na lijevom štakoru. Po Smithu, »American Journal of Anatomy«, Juni 1930.

riod godina održavati relativno konstantnu težinu. O mehanizmu, koji regulira te odnose, znamo još malo, osim o t. zv. »apetitnom« centru u hipotalamusu (baza ili treća mozgovna komora). Pokazalo se pokusom, da povrede hipotalamusa kod štakora i drugih životinja mogu dovesti do neumjerenog i stalnog primanja hrane, tako da životinje odmah dobiju velike naslage masti, te su rijetko sposobne da išta drugo rade, osim da jedu. Emotivni poremećaji, koji se od nedavna smatraju

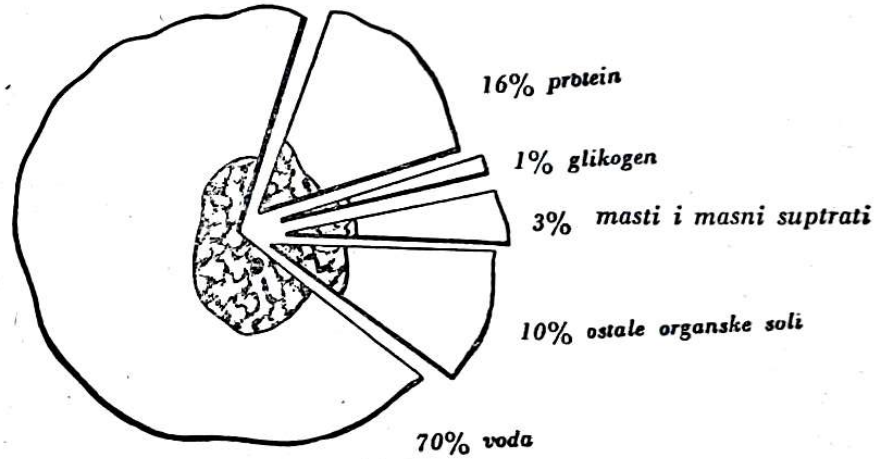
kao važni faktori u mnogim slučajevima debljanja, utječu vjerojatno baš preko hipotalamusa. Prekomjerna težina ne vrijeđa samo osjećaj estetike, već je najčešće poremećaj u prehrani. Suvišno masno tkivo kao rezervna tvar ne povećava kapacitet metabolitske mašinerije tijela. Naprotiv, ono predstavlja stvarni teret, koji traži poseban rad aktivnih organa — oko 4 kalorije dnevno za svaku funtu suvišne masti. Taj suvišni teret moramo nositi i kad stojimo i kad se penjemo uza stepenice, čak i kad osoba miruje, moraju srce i krvne žile vršiti poseban rad, kako bi krv cirkulirala i kroz masne naslage. Klinički stručnjaci već odavna znaju, a isto pokazuju i statističke bolesti, da prekomjerno produljeno debljanje, bilo zbog suvišnog opterećenja ili dosad još nepoznatih metabolitskih faktora, dovodi do prerane degeneracije srca i krvnih žila, te skraćuje život. Kod osoba sa predispozicijom za šećernu bolest pospješuje napadaje i pogoršava diabetes melitus.

Nasuprot kliničkom, sa metabolitskog gledišta pojava debljine pokazuje nam efikasnost mehanizma, koji upravlja odavanjem energije. Oni čine proizvodnju energije više ili manje neovisnom o primanju hrane. U tom slučaju tijelo bismo mogli uporediti sa termostatski reguliranom peći, nasuprot starinskoj peći na ugljen. Količina topline, koju ova posljednja proizvodi, ovisi o količini ugljena, koji se u nju baca. Kod termostatske se peći, međutim, vatra prilagođuje potrebama putem termostatskog uređaja, usprkos velikim rezervama goriva. Slično, proizvodnja topline kod čovjeka ne ovisi o primljenim kalorijama, te svaki suvišak primljene hrane povećava rezerve tjelesnog goriva, uglavnom u obliku naslaga masti.

RAST, ODRŽAVANJE I OBNAVLJANJE TIJELA

Proizvodnja energije za životne procese, rad ili zabavu samo je jedan od zadataka prehrane. Drugi je izgradnja samog tijela. Podržavanje rasta glavni je zadatak prehrane u djetinjstvu, pubertetu i mladosti. Ali kada je završen rast u visinu i težinu, većina se tih procesa nastavlja unutar tijela, obnavljajući istrošena tkiva i nadomještajući milijune stanica, koje se dnevno iz njega odstranjuju. Izgradnja se tkiva nastavlja tokom života, te je jedna od glavnih funkcija prehrane, naročito s obzirom na primanje proteina, vitamina i minerala.

Životinjsko je tijelo sastavljeno od bioloških jedinica — stanica. Razni su organi sastavljeni od stanica, koje se međusobno razlikuju po strukturi i po kemijskom sadržaju. Stanica sadrži prosječno oko 70% vode, 15—18% proteina, 2—4% masti i mastima sličnih supstanca, 0,5 do 0,6% glikogena, a ostatak su neproteinske organske supstance, anorganske soli i t. d. Isključimo li vodu, glavne su sastojine stanice — proteini, koji sačinjavaju strukturni skelet i aktivnu komponentu žive stanice. Zato u kemijskoj aritmetici rast stanice znači prvenstveno dodavanje proteina. Gledamo li tijelo kao cjelinu, pravi se rast oštro razlikuje od porasta u težini, koji je zapravo samo odlaganje suvišnog goriva u obliku masti ili povremeno zadržavanje vode. Pravi se rast tijela sastoji od 2 fenomena — povećane izgradnje proteina iz hrane primljene u želudac i produljivanja tijela.



Stanice tijela u prosjeku su sastavljene od preko četiri šestine vode i jedne šestine proteina.

Ponovit ćemo ukratko ono, što smo rekli u prednjim poglavljima. Proteini su sastavljeni od aminokiselina, koje lako

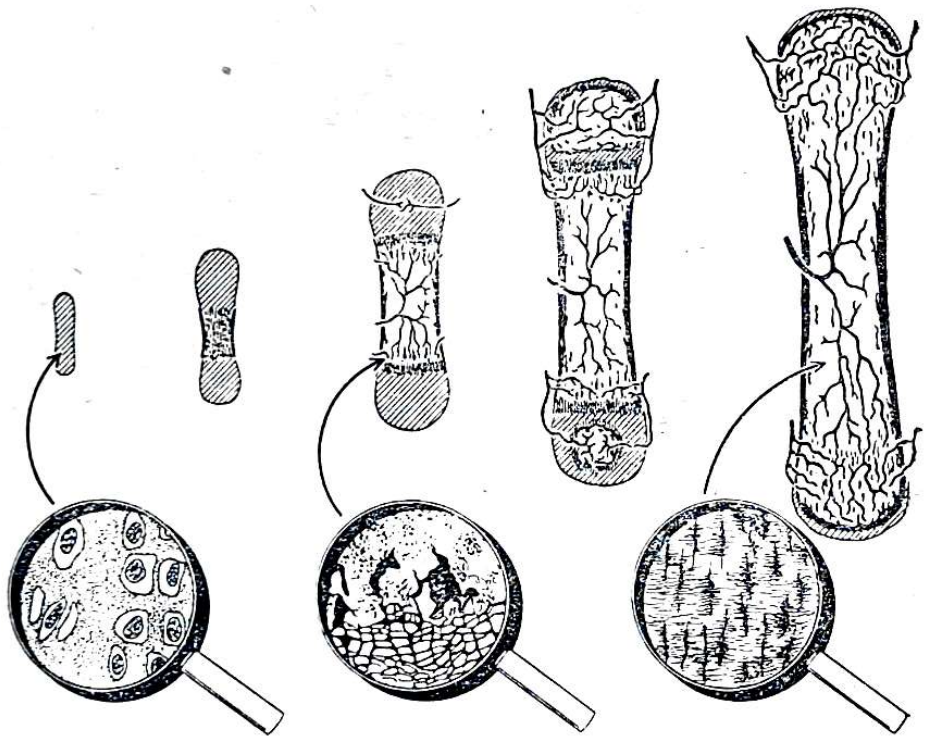
prepoznajemo, jer sadrže amino (NH_2) grupu. Proteini sadrže prosječno 16 težinskih procenata dušika. Kad se proteini u tijelu potpuno razgrade, dušik se izlučuje u mokraću u obliku uree. U urin također dolaze i male količine mokraćne kiseline, kreatinina i t. d., razgradnjom nukleoproteina i sličnih spojeva, dakle količina neproteinskog dušika, koja se dnevno izlučuje u mokraću, točna je mjera količine proteina, koja se razgradila, odnosno koja se katabolizirala u tom vremenu. Odredimo li količinu u hrani primljenih razgrađenih proteina možemo također odrediti ravnotežu. Ako je količina razgrađenih proteina manja od primljenih, ravnoteža je pozitivna i pokazuje sintezu proteina. Međutim, ako je količina izlučenog dušika veća od količine primljenog, postoji razgradnja stanica — kažemo: ravnoteža je negativna. Dok životinja raste, ravnoteža je dušika pozitivna. To je moguće, kada primamo hranom više proteina, nego što se katabolizira. Stručnjaci za prehranu ustanovili su, da odrasli čovjek, koji više ne raste, treba dnevno 2/3 do jedan gram proteina po kg tjelesne težine za postignuće ravnoteže. Što je osoba mlađa (od 20 god. pa naniže), to joj je po jedinici tjelesne težine veća dnevna potreba proteina. Dijete od 6 mjeseci mora za normalni razvitak primati dnevno 4—5 gr. proteina po kg tjelesne težine.

Kad se općenito raspravlja o prehrambenim problemima rasta, uvijek se govori o probavi proteina. No, moramo se podsjetiti, da su za rast potrebne i dovoljne količine kalorija; naime obroci, koji ne sadrže dovoljno kalorija, ne mogu dulje podržavati rast, jer je za sintezu proteina potrebna energija. Ako u hrani nema dovoljno kalorija, onda se aminokiseline troše za proizvodnju energije, a ne za sintezu proteina. Pokazuje nam to i apetit djece od 11—16 godina, o čemu se možemo uvjeriti, promatramo li ih, koliko mogu jesti. Za gradnju kuće, međutim, nisu dovoljne samo cigle, balvani, već i žbuka, čavli i spojnice, koji pojedine dijelove drže zajedno. Upravo tako i tijelo mora primati stalno dovoljne količine vitamina, minerala i elemenata u tragovima (mikroelementi), a naročito za vrijeme rasta. Obroci, inače u svakom pogledu složeni, ali kojima manjka neki vitamin ili mineral,

ne mogu podržavati normalni rast mladih životinja. Srećom, obrok sastavljen od raznih vrsta hrane, bogatih na proteinima sa dovoljno kalorija, obično sadrži i dovoljno esencijelnih hranjivih sastojaka potrebnih tijelu. Mineralna sol, koja zaslužuje naročitu pažnju, kad se govori o procesima rasta, jest kalcijev fosfat ($Ca_3\ PO_4$), a sačinjava 85% mineralnog sadržaja kostiju. Za vrijeme rasta produljuju se i debljaju sve kosti od udova do kralježnice. Za procese okoštavanja (t. j. pretvorbe u kost) potrebna je velika količina kalcija i fosfata, a te minerale moramo primati hranom. Vitamin D pomaže apsorpciju kalcija iz želučano-crijevnog trakta i procese njegova odlaganja u kostima. Kalcij, fosfor i vitamin D moraju skladno djelovati, kako bi se kosti normalno razvijale. Međutim, kalcifikacija je zapravo posljednji stepen u rastu kostiju. Rast počinje s rastom hrskavice, koja se kasnije kalcificira i pretvara u kost (vidi priloženu sliku). Tipična duga kost, na pr. goljenica noge, počinje kao komad hrskavice sastavljen iz tipičnih hrskavičnih stanica, okruženih proteinskim materijama. Odlaganje kalcija počinje na pojedinim mjestima hrskavične kosti, obično na sredini i blizu krajeva. To su centri okoštavanja. Između tih centara obično je hrskavica, koja raste. Stanice se dijele i rastu uz sudjelovanje proteina, te se tako kost produljuje. Hrskavična područja, koja aktivno rastu, zovu se epifize, i dokle god ih ne zahvati kalcifikacija, one su »otvorene« te omogućuju produljivanje kostiju. Zahvati li ih kalcifikacija, epifize se zatvaraju, rast prestaje, a čovjek je postigao svoju visinu.

Normalni rast ovisi istovremeno o dva procesa — o sintezi proteina i o rastu kostiju. Oba procesa upravlja niz endokrinih utjecaja, od kojih je glavni hormon rasta prednjeg režnja hipofize. Taj hormon pospješuje sintezu proteina iz aminokiselina. Vidi se to po njegovoj sposobnosti da smanjuje izlučivanje dušika u mokraću i koncentraciju aminokiselina u krvi. Pod raznim uvjetima upravljanje, koje vrši hormon rasta, vodi do pozitivne ravnoteže dušika, što dakazuje sintezu proteina. Taj je hormon potpomognut pri izgradnji proteina hormonom tiroidne žlijezde i insulinom. Rezultat djelova-

nja svih tih hormonalnih faktora jest povećanje obujma i broja stanica tijela — povećanje protoplazmatske mase. Istovremeno pospješuju hormoni rasta i razmnažanje i razvitak hrskavičnih stanica u epifizama, što dovodi do produljenja kostiju.



Tipična kost počinje rasti u obliku hrskavičnih stanica okruženih proteinima. Kalcijeve soli (bijelo) odlažu se tokom razvitka i progresivno do svršetka rasta, te stvaraju solidni kalup, u kojem leže razasute pojedine koštane stanice.

Djelovanju hormona rasta i njegovih endokrinih pomagača suprotstavljaju se neki hormoni adrenalnog korteksa i seksualnih žlijezda. Grupa adrenalno kortikalnih steorida, kao što je kortizon, djeluje na metabolizam proteina, pospješujući cijepanje proteina u aminokiseline. Ti steroidi izazivaju negativnu dušikovu ravnotežu. Oni se također suprotstavljaju

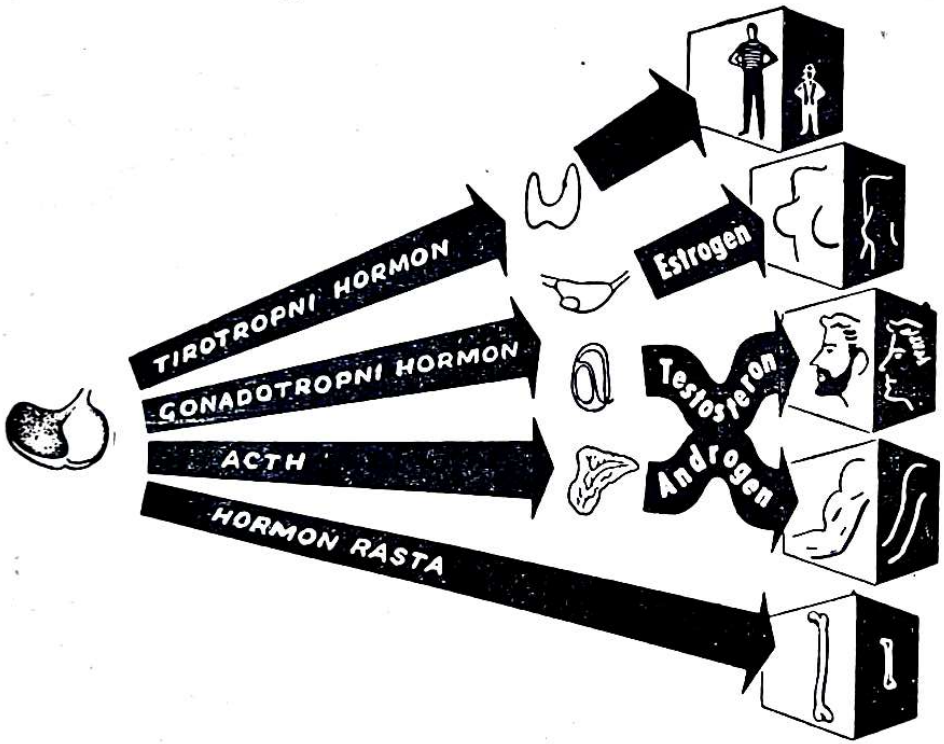
stimulativnom djelovanju hipofiznog hormona rasta na rast epifiza kostiju. Androgeni ili muški seksualni hormoni, koji su također steroidi, imaju očito suprotni učinak na rast.

Oni potpomažu sintezu proteina i tako pospješuju rast. Istovremeno pospješuju i kalcifikaciju epifiza, što dovodi do ranog zatvaranja tih područja rasta, i time prekidaju rast kostiju, usprkos prisutnosti hipofiznog hormona rasta. Zbog tih razloga seksualno rano zrelo dijete brzo raste kroz nekoliko godina, a onda iznenada prestane rasti, tako da je katkada u odrasloj dobi zakržljalo, iako je nadvisivalo svoje drugove u djetinjstvu. S istih razloga normalno izlučivanje seksualnih steroida u početnim razdobljima puberteta očituje se u naglom porastu u toj dobi. Međutim, čim je postignut puni pubertet, brzina rasta usporava se. Normalni je rast zato rezultanta međusobnog djelovanja oprečnih hormonalnih sila. Isti kemijski procesi, koji su temelj tjelesnom rastu, nastavljaju se i kad je period aktivnog rasta prošao. Postiže se ravnoteža, kod koje je brzina kalcifikacije smanjena, te je jednaka brzini, kojom kalcijev fosfat, napušta kosti. Rezultat je održavanje normalnog sastava kostiju, ali ne zbog kemijske neaktivnosti, već zbog dobro regulirane dinamičke ravnoteže.

Ta se ista ravnoteža postiže i u metabolizmu proteina. Dušik je u tijelu u ravnoteži, t. j. sinteza je jednaka razgradnji. Čak i u periodu poslije rasta mogu unutarnji ili vanjski utjecaji pomaknuti proces izgradnje ili razgradnje u jednom ili drugom smjeru. Tako prekomjerno izlučivanje hipofiznog hormona rasta u odrasloj dobi dovodi općenito do povećanja sinteze proteina, a posljedice su toga nenormalno veliki organi (hipertrofija) i proširenje i debljanje kostiju na krajevima udova (akromegalija). Pomanjkanje hipofiznog hormona rasta pospješuje razgradnju proteina, tako da organi postanu manji (atrofija), i kosti postanu tanje.

Organi i tkiva u pravilu hipertrofiraju, kada rade više nego obično. Općenito je poznato, da su mišići metalskog radnika mnogo jače razvijeni nego mišići učitelja ili profesora. Intelektualni radnik je prikraćen, jer sjedenjem može hipertrofirati samo njegov donji dio, dok mozak ne može hipertro-

firati. Navest ćemo i druge primjere: pacijenti koji pate od povišenog tlaka, imaju obično proširenje srca. Srčani je mišić hipertrofirao, jer je opterećen povećanim pritiskom, što ga mora svladati pri pumpanju krvi. Odstranimo li kirurškim putem jedan bubreg, drugi će se bubreg povećati, kako bi se održalo stavaranje normalne količine urina, koju su prije stvarala oba bubrega.



Hipofiza utječe na rast i seksualnu zrelost putem svojih hormona, koji djeluju izravno ili preko drugih žlijezda.

Faktori, koji upravljaju pojavu i brzinu hipertrofije organa, uglavnom su, osim u slučaju nekih endokrinih žlijezda, nepoznati. Odstranjivanje adrenale žlijezde dovodi do povremenog smanjenog izlučivanja adrenalno kortikalnog hormona. Hipofizne žlijezde reagiraju na taj manjak izlučivanjem većih količina svog adrenokortikotropnog faktora, koji prouzrokuje hipertrofiju preostale adrenalne žlijezde. Stimulanse

drugih tkiva, osim kod žlijezda podređenih hipofizi, za sada još ne poznajemo.

Smanjivanje organa i tkiva (atrofija) zbiva se uglavnom iz dva glavna uzroka. Prvi je primanje nepotpune hrane s obzirom na ukupne kalorije ili proteine, vitamine ili mineralne sastojine. Drugi je glavni faktor smanjenje cirkulacije krvi u pojedinim organima i tkivima, koji su na taj način lišeni kisika i hranjivih sastojaka. Anoxija (pomanjkanje kisika) onemogućuje sintezu, jer je za izgradnju složenih molekula potrebna odgovarajuća oksidacija drugih tvari, kako bi se dobila potrebna energija. Razgradnja se zbiva ili čak ubrzava već samom smanjenom opskrbom kisika. Posljedica je toga smanjenje i konačno nestajanje stanice. Svi organi i tkiva ne reagiraju jednako na pomanjkanje hrane. Limfne se žlijezde i slezena brže razgrađuju nego jetra, bubrezi, mišići i srce. Nervno tkivo, uključivši i mozak, za gladovanja je najmanje napadnuto, s obzirom na masu i sadržaj proteina. Na brzinu razgradnje proteina u tkivima djeluju i neki hormoni. Tako C_{11} steroidi adrenalnog korteksa (na pr. kortizon) i tirozin povećavaju brzinu raspadanja tkiva, naročito limfnih žlijezda kože i mišića. Pojedinosti su te regulacije, kao i kod hipertrofije, za sada još slabo poznate.

Osim mnogih kvantitativnih razlika u brzinama reakcija raznih organa i tkiva, postoje u njihovu metabolizmu i mnoge duboke kvalitativne razlike. Zbog tih razlika opća se potreba pogonskog materijala razlikuje kod pojedinih organa. Mozak nema rezerve pogonskog materijala, te zato ovisi o materijalu, koji mu donosi krv. Potrebnu energiju dobiva samo iz glukoze krvi, jer je njegov metabolizam isključivo metabolizam ugljikohidrata. Pad koncentracije šećera u krvi (hipoglikemija) smanjuje potrošak kisika u nervnim stanicama. To se ispoljuje kao nervna razdraženost sa trzanjem i grčevima, koju kasnije slijede tromost i koma. Ne popravi li se niska koncentracija šećera, oštećuju se vitalni centri, kao na pr. respiratorni, a to prouzrokuje smrt životinje. Kod čovjeka se hipoglikemija općenito pojavljuje primanjem suviška insulina. Učinci hipoglikemije na mozak upotrebljavaju

se za ublaženje stanovitih vrsta psihoza, i to povredom stanovitih nervnih puteva, čime se onemogućuje pretjerana i nesređena aktivnost mozga.

Pod normalnim okolnostima srce za svoj metabolizam najradije troši glukozu krvi i mliječnu kiselinu. Ako nema tih tvari, može se koristiti i masnim kiselinama kao pogonskim materijalom. Međutim, osim u pokusima u laboratorijumu, ono prima uvijek iz krvi glukozu i mliječnu kiselinu. Po tome je slično mozgu, koji je isto tako potrošač ugljikohidrata. Ali, za razliku od mozga, srčani mišić sadrži dovoljne rezerve mišićnog glikogena, koji može iskoristiti u hitnijim potrebama. Zbog ovisnosti o ugljikohidratima, mozak i srce vrlo su osjetljivi na pomanjkanje tiamina u hrani, naime taj je vitamin vezan za metabolizam piruvične kiseline, važnog produkta razgradnje ugljikohidrata. Prvi znakovi pomanjkanja tiamina jesu mozgovne (gubljenje inicijative, razdražljivost i neuralgija) i srčane prirode (mijenjanje pulsa, edem srčanih mišića i t. d.)

Mišići podvrgnuti volji, koji sačinjavaju gotovo polovinu tjelesne težine, mogu dobivati svoju energiju iz vlastitih rezerva glikogena, iz glukoze krvi i iz ketokiselina, koje su dobivene razgradnjom ugljikohidrata (piruvična) i masti (acet-octena). Mišić ne može izravno upotrebljavati aminokiseline za proizvodnju energije. Ne znamo još pouzdano, da li se masti mogu neposredno oksidirati u mišićnim vlaknima, iako se mast može koristiti pod povoljnim uvjetima — što se vidi iz R. Q., koji je približno 0,7. Rezervni glikogen vrlo je važan kod izvanrednih slučajeva, ali nije dovoljan, ako rad traje dulje vremena. Potpunom razgradnjom mišićnog glikogena tijela, dobije se kod čovjeka od oko 70 kg oko 840 kalorija, a to je količina, koja omogućuje tesaru rad od samo 5 sati, a drvosječi rad od 2 sata. Mišići se, prema tome, moraju stalno opskrljivati iz glavnih skladišta tijela putem krvnog toka. Glukoza krvi dolazi prvenstveno iz jetre (a u maloj količini iz bubrega). Ketokiseline, koje nastaju iz masti, dobivaju mišići samo iz jetre.

Jetra je u tijelu najbolje opremljen kemijski laboratorij. Ona uz izvjesnu pomoć bubrega deaminira sve aminokiseline određene za razgradnju. Aminogrupe se onda mogu vezati sa ketokiselinama stvarajući druge aminokiseline, ili se pretvaraju u ureu i izlučuju. Dio aminokiselina lišenih dušika stvara glukozu ili acet-octenu kiselinu. Neutralna mast iz masnih naslaga čitava tijela dolazi u jetru, gdje se masne kiseline razgrađuju u aceto-octenu kiselinu, gorivo koje lako sagorijeva. Dio se masti također pretvara u glukozu, te se dodaje pogonskom materijalu. Zato je važna funkcija jetre razgradnja proteina i masti u pogonski materijal, koji onda drugi, kemijski slabije opremljeni organi mogu upotrijebiti. Bubrezi se metabolitski slično ponašaju kao jetra, samo što je njihov rad kvantitativno mnogo manji. Razlikuju se od jetre i po tome, što normalno ne spremaju znatnije količine glikogena.

Kao što je bilo naglašeno u četvrtom i šestom poglavlju, metabolitski se putevi triju glavnih hranjivih sastojaka prepleću, tako da se lako zbivaju međusobne pretvorbe i promjene. Količina ugljikohidrata u hrani ima važnu ulogu u reguliranju opsega pretvorbi i brzine razgradnje proteina i masti. Primamo li u hrani dovoljno ugljikohidrata, tako da jetra može održavati ne samo normalnu koncentraciju glukoze, već i spremati dovoljne količine glikogena, tada je brzina razgradnje proteina i oksidacija masti minimalna. Ako je hrana bogata ugljikohidratima, potrebno je manje proteina, da se održi pozitivna ravnoteža dušika. To je t. zv. »štednja dušika«, koju vrše ugljikohidrati. Slično se dobrom opskrbom ugljikohidrata smanjuje razgradnja masti u jetri, te se smanjuje i količina stvorene aceto-octene kiseline. To je t. zv. štednja masti ili, kao što se to općenitije zove, »antiketogensko djelovanje« ugljikohidrata. Ti su učinci ugljikohidrata potpomognuti prisutnošću insulina, iako se eksperimentalno može pokazati, da se zbivaju i kad insulina nema, kao na pr. kod dijabetesa gušterače.

U prethodnim poglavljima upotrijebili smo nekoliko analogija (kuća — trgovačko skladište — oceanski brod), kako bismo slikovito prikazali organizaciju i funkciju tijela. Ali

fenomen rasta, obnavljanje i prilagođavanje na rad, specijalizaciju organa i utjecaj same hrane na metabolizam, ne možemo usporediti ni s kakvom organizacijom, ni gradnjom, koju je čovjek stvorio. Živi stroj obuhvaća mehanizme i potencijale daleko čudesnije, nego što se možemo nadati, da će u daljnjoj budućnosti stvoriti bilo tko od naših velikih graditelja i inženjera, kemičara i fizičara, ekonomista i sociologa.

OSMO POGLAVLJE

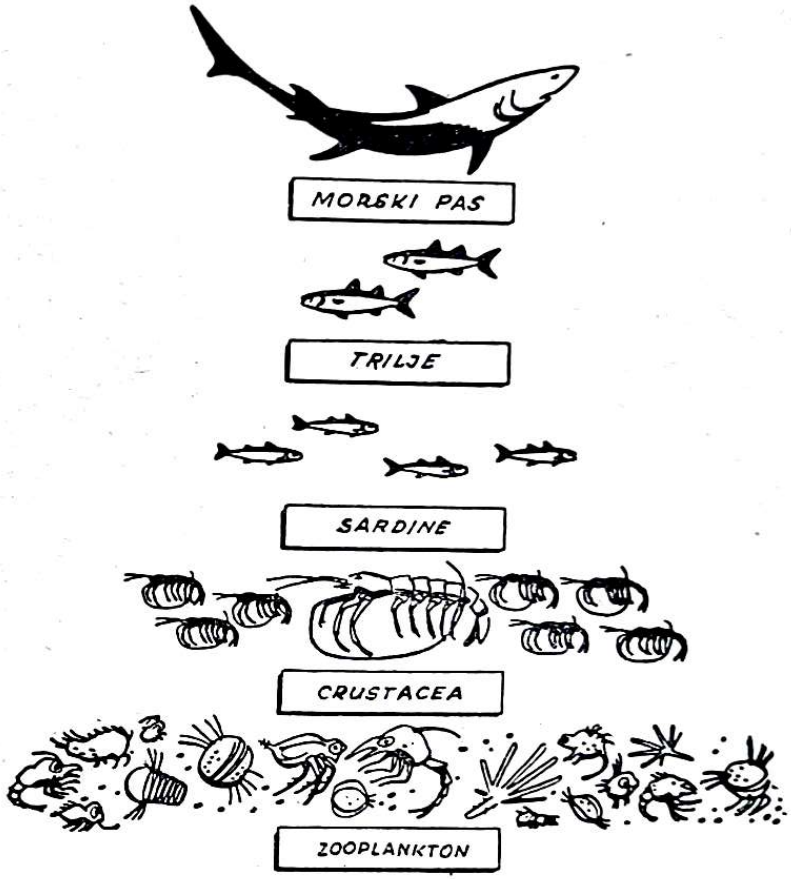
O ljudskoj i životinjskoj hrani

U prethodnim poglavljima opisali smo osnovne procese prehrane kod čovjeka. Od primanja hrane pa do njene pretvorbe u mišićni rad, mozgovnu djelatnost i rast, odvijaju se vrlo složeni procesi, koje i najpametniji čovjek teško može zamisliti i shvatiti ih. Ipak se ti procesi odvijaju stalno i besprijekorno, kako kod ljudi, koji ih ne mogu razumjeti, tako i kod životinja, koje vodi samo nagon. Sve su preživjele vrste donekle naučile birati hranu, koja je odgovarala potrebama njihove probave i metabolitskih procesa, ili su često morale prilagoditi svoj metabolizam hrani, koja im je bila pristupačna.

I u ishrani životinja ima mnogo toga, što nas zanima. Prvo, životinjska tkiva služe kao hrana ljudima, a tov je životinja za preradu u ljudsku hranu važna grana privrede. Drugo, mnoge su životinje, kao na pr. govedo i njihovi srodnici, razvili posebne organe, koji im omogućuju iskorišćivanje hrane, neupotrebive za druge vrste. Nadalje je važno, što neke životinje mogu stvarati iz bilja stanovite esencijelne vitamine, dok ih druge, uključivši i čovjeka, moraju primati gotove u svojoj hrani. Ovisnost stanovitih vrsta ili čak rodova životinja i biljaka o nekim vitaminima, koji drugim organizmima, kako se čini, ne trebaju, predmet je posebnog studija. Ali najvažnije od svega jest to, što su mnoge životinje poslužile u istraživanjima, koja su riješila i probleme ljudske prehrane.

Svoja ćemo razmatranja početi s biljkama. Njima također treba hrana za rast. Hrane se ugljičnim dioksidom iz atmosfere, vodom i sa nešto prijeko potrebnih tvari iz zemlje. One ne jedu. Lako je pretpostaviti, da su biljke bile prvi oblik života na zemlji, jer nisu ovisne o ni jednom drugom obliku života. Život je postao moguć (možda su bile prve neke bakterije, koje oksidiraju naslage sumpora ili željeza), kada je nastao klorofil, katalizator, zbog kojeg biljke izgledaju zelene. On je posrednik u pretvaranju prolazne sunčane svjetlosti u rezervnu kemijsku energiju ugljikohidrata. Taj proces danas manje poznamo nego ishranu životinja.

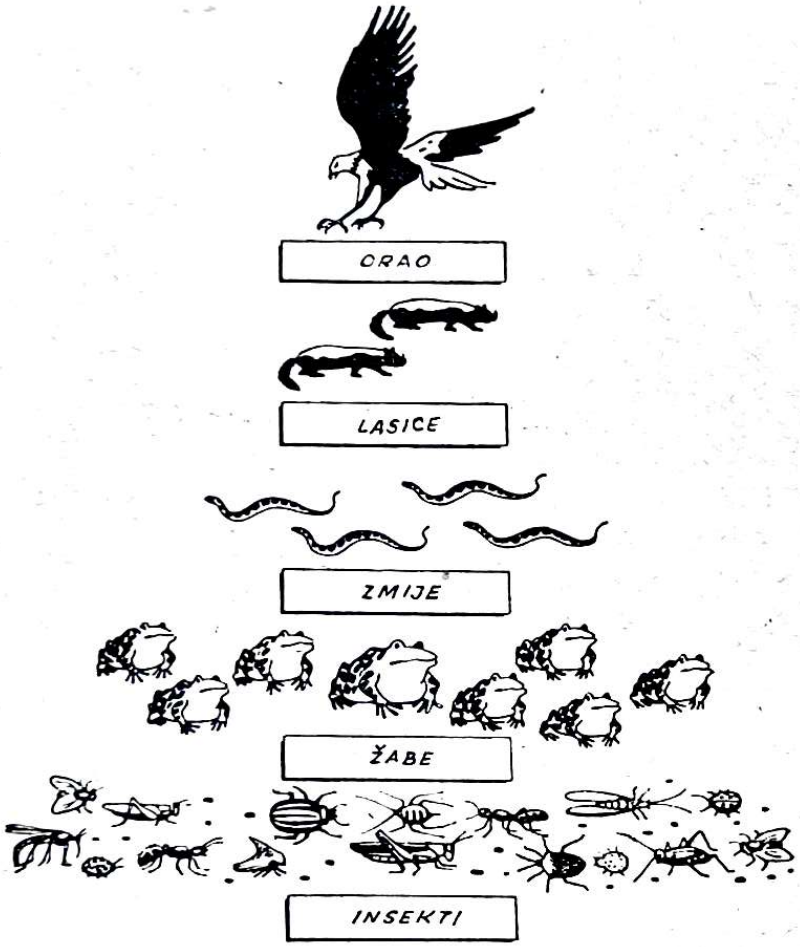
Biljke predstavljaju niži oblik života, jer nisu pokretne i jer upotrebljavaju energiju samo za izgradnju svoje supstance i proizvodnju svog sjemena. Uspoređene s višim formama, one su ograničene na ono, što im sunce, vjetrovi i kiše donose, te im zato moraju izložiti veliku površinu. Zeleno lišće, veliko lišće tropskih biljaka i iglice isto su tako organi održavanja, kao i jednako razgranati i razdijeljeni korijen, koji siše hranu iz zemlje. Kemizam njihova života složen je, ali je i jednostavan u poređenju sa životinjama, koje imaju složenije biološko ustrojstvo i potrebuju više energije, nego što mogu primiti od sunčane zrake, koja na njih pada. Tako su životinje energetski i materijalno ovisne o biljkama. Gdje ih nema, životinje odlaze ili gladuju.



Mnogi sićušni organizmi stvaraju hranu za veće organizme, i tako progresivno nastaje piramida sa širokom bazom (mikroskopski plankton), kojoj se vrh završava vladajućim grabežljivcem.

BAKTERIJE

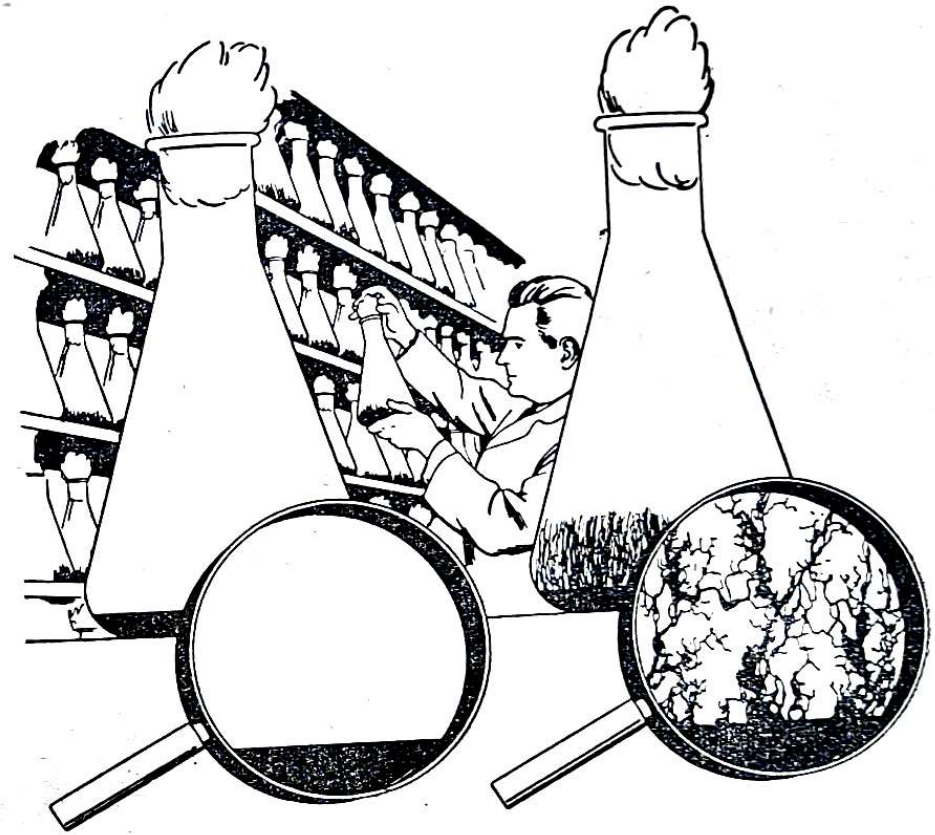
Postoje neke familije biljaka, koje nisu zelene. One ne sadrže klorofil, te su tako u pogledu hrane ovisne o drugim biljkama. To su paraziti, plijesni i gljive, kvasci i mnoge bakterije, koje uspijevaju na tkivima živih ili mrtvih biljaka i životinja, gdje njihov rast uvjetuje proces raspadanja tih organizama. U biti, one troše više biljne i životinjske hrane nego same životinje. Ovisne su ne samo zbog pomanjkanja klorofila, nego i u užem smislu, jer često nemaju sposobnosti



Piramide hrane postoje u svakoj ekološkoj zajednici bilo na zemlji ili u vodi.

stvaranja esencijelnih vitamina. Kako ih obilno nalaze u hrani, ne moraju ih stvarati. Bakterije se naročito mnogo razlikuju u svojim potrebama. Čini se, da mnoge od njih imaju naročite zahtjeve. Mnoge moderne analitske metode određivanja vitamina u hrani baziraju se na rastu bakterija, koji je proporcionalan s koncentracijom stanovitog vitamina u hrani.

Metode, koje se služe plijesnima, kvascima i bakterijama, danas se općenito upotrebljavaju u mnogim modernim pre-



Mikroorganizmi imaju specifične potrebe u svojoj prehrani. S obzirom na to da rastu brzo i na malom prostoru, mogu služiti za pokuse sa pojedinim supstancama. Poznata krušna plijesan (Neurospora) raste u desnoj boci (kako se vidi na slici) u hranjivoj otopini, koja sadrži piridoksin, dok u lijevoj boci, koja sadrži sve osim piridoksina, ne raste.

hrambenim laboratorijima, dok su prije 20 godina bile gotovo nepoznate. Tipični moderni propis za određivanje vitamina B_6 kaže: »...upotrebi štakora, kvasac, *Saccharomyces Carlsbergensis* ili plijesan *Neurosporu sitophilu*«. Najveća je prednost upotrebe mikroorganizama u određivanju vitamina, brzina mjerenja i malo prostora potrebnog za rad. Određivanja se mogu izvoditi usporedo, te se na taj način uštedi mnogo rada.

Saznanje, da mikroorganizmi trebaju u vodi topive vitamine, otvorilo nam je dva nova široka polja istraživanja — jedno, koje se bavi genetikom, i drugo, koje se bavi metabolizmom antagonista. Pri uzgoju mikroorganizama na medijima, koji sadrže određeni vitamin, ili su bez njega, mogu se razviti rodovi organizama, koji dobro uspijevaju sa tim vitaminom ili preživljuju bez njega. To je način, da se spriječe ili stimuliraju slučajne mutacije. To je isto tako, kao kad bismo odgojili rod ljudi, koji ne bi trebali vitamin C i ne bi oboljeli od skorbuta. To je kod mikroorganizama moguće, jer se u jednom danu mogu uzgojiti mnoge generacije, pa se nova i pogodna mutacija brzo umnaža. U nekim je slučajevima taj brzi razvitak nepoželjan; naime, dok istraživač razvije podesnu metodu određivanja novog vitamina, mikroorganizam ga »napusti« stvorivši novu mutaciju, koja može uspijevati bez toga vitaminskog faktora. Na isti način postaju bakterije rezistentne na penicilin i druge antibiotike. Antagonizam među hranjivim sastojcima, bio je otkriven, kada se opazilo, da psi i štakori ne podnose sirovo bjelance. Kasnije se taj pojam proširio na mnoga područja upotrebom mikroorganizama. Antivitamini su kemijski spojevi, koji neutraliziraju djelovanje nekog vitamina. Stari su filozofi zamišljali jednog ili više đavola na svakog anđela, pa tako i većina u vodi topivih vitamina ima jedan ili više antivitamina, koji im se suprotstavljaju. »Anti«-spojevi se također proizvode u laboratoriju za istraživanje metabolizma. Sadašnje poznavanje tih antagonizma nepotpuno je. Upotrebom mikro-organizama mi ga upotpunjujemo.

Usprkos velikom napretku za posljednja tri desetljeća, mnogo nam je toga o ishrani bakterija i jednostaničnih organizama ostalo nepoznato. Mnoge bakterije imaju tako karakteristične potrebe, da mogu rasti samo na naročitim smjesama prirodne hrane, u kojima vjerojatno postoje neotkriveni esencijelni vitamini. Ti mogu, ali ne moraju biti važni za čovjeka. Za posljednjih 40 godina biokemičari su se svake godine nadali, da će otkriti sve vitamine. Međutim, danas smo još daleko od toga.

PROTOZOA

Protozoe su veće od bakterija, iako se i one sastoje samo od jedne stanice. Imaju jednu jezgru i protoplazmu, koja može čvrsto obuhvatiti čestice i probaviti ih. Čini se, da jedna od tih protozoa, poznata pod imenom »Euglena gracilis«, treba samo dva vitamina, naime tiamin i »antiperniciosa anemia« faktor, vjerojatno vitamin B_{12}, koji je nađen u jetri. Čudno je, da ta primitivna stanica treba vitamine, koji su potrebni čovjeku i višim životinjama. Euglena nam može dati vrlo vrijedne podatke o djelovanju vitamina unutar stanice. Ona također može čovjeka mnogo naučiti, jer njena stanica sadrži pigment zelenog bilja — klorofil. To je anomalija za životinjske stanice, tako da neki biolozi klasificiraju Euglenu kao poseban oblik života, koji je djelomično biljka, a djelomično životinja. Ne znamo, da li taj zeleni pigment pomaže eugleni da uspijeva samo sa ta dva vitamina, dok mnogi drugi jednostanični organizmi zahtijevaju velik broj vitamina.

Za niske oblike animalnog života bitni su u vodi topivi vitamini. U masti topivi vitamini nisu bili važni u ishrani, sve dok se nisu razvili kralježnjaci, milijune godina pošto je život počeo. Insekti na pr. ne trebaju vitamin A ili karotin, dok ni jedna viša životinja ne može živjeti bez njega.

INSEKTI

Ishrana insekata bila je studirana samo kod oko 100 od 650.000 vrsta insekata. Vrlo starim oblicima insekata kao na pr. buba-švabi, potrebni su samo u vodi topivi vitamini i aminokiseline. Ona može proći čitav svoj životni ciklus bez u masti topivih vitamina u hrani i tijelu. To je naslijedila iz vrlo davnih vremena, jer buba-švaba živi na zemlji oko 300 milijuna godina, dok čovjek, čini se, samo milijun.

Prema tome, vitamin A i vitamin D ne igraju ulogu u biokemijskoj ekonomiji insekata. To izgleda i logično, jer je taj vitamin potreban za stvaranje kostiju, a insekti ih nemaju.

S druge strane, tijelo buba-švabe sadrži vitamin C — askorbinsku kiselinu — vitamin, koji je čovjeku potreban da se

očuva od skorbuta, a prima ga iz zelenog povrća i voćnih sokova.

Slično kao i sve životinje, osim čovjeka, majmuna i morskog praseta, insekti stvaraju taj vitamin u vlastitim stanicama. Kada se buba-švaba pojavila na zemlji, biljni se svijet sastojao od vrlo primitivnih oblika, koji su sadržavali malo

u masti topivo	A			✓	✓	✓		✓
	D			?	✓	✓		✓
	E					✓		
	holesterol		✓					
u vodi topivo	B_1	✓	✓	✓	✓	✓		✓
	B_2		✓	✓	✓	✓		✓
	B kompleks		✓	✓	✓	✓		✓
	C							✓

Čini se, da su se u masti topivi vitamini razvili kao novija potreba — novija u tom smislu, što su se i kralježnjaci razvili tek u novije vrijeme. Insekti, međutim, trebaju u masti topivi holesterol, koji se doduše ne smatra vitaminom, a koji stvaraju u velikim količinama viši oblici. Kao što je prikazano znakovima, potrebe vitamina razlikuju se kod različitih vrsta. Krava je, na primjer, neovisna o vanjskom primanju vitamina zbog tvornice mikroorganizama u svom buragu.

ili gotovo ništa askorbinske kiseline, tako da ga je tijelo insekta moralo samo sintetizirati, davno prije nego što su nastale takve biljke kao rajčica, naranča, grbač, i peršun. U hrani insekata međutim moraju biti prisutne i neke posebne materije, koje nisu potrebne višim životinjama. Mnogi insekti na pr. moraju jesti holesterol. U nekim slučajevima mogu biljni steroli zamijeniti holesterol, ali gagrice na pr. moraju imati sterol životinjskog porijekla. Gagrice (dermastidi) općenito su štetnici mesa, kože, perja i sira. Neki muzeji upotrebljavaju ih za čišćenje mesa sa kostiju mrtvih životinja. Potrebu za životinjskim holesterolom vjerojatno uvjetuje način ishrane kod ove vrste insekata. Holesterol sudjeluje također kod sklerotičnih promjena arterija viših životinja. Zato gagrice mogu pridonijeti rješavanju problema skleroze, otkrivajući nam osnovne promjene tog sastojka unutar životinjskog tijela.

Kako se čini, svi insekti trebaju smjesu u vodi topivih vitamina. Poznati moljac, koji oštećuje vunene tkanine, također treba u vodi topive vitamine. Brašnjavi kukac, srodan onome koji živi na Pacifiku, također mora primati vitamine, i ne može živjeti na samom šećeru.

Muha, koja odgaja svoje potomstvo na trulom mesu, ne može živjeti bez vitamina. Skromna voćna mušica »Drozophyla« prima u vodi topive vitamine iz živih kvasaca, koji rastu na voću. Čak i poznata kućna muha provodi svoju mladost u vlažnoj okolini bakterija, vitamina i u vodi topivih hranjivih sastojaka.

U studijama ishrane insekata služi nam kao izvor u vodi topivih vitamina sušeni pivski kvasac. On kanda zadovoljava sve njihove potrebe. Od B vitamina kvasac ne sadrži B_{12}, niti nam je poznato, da li ga insekti trebaju.

Potrebe pojedinih vrsta insekata složene su, a to se vidi iz niza sastojina potrebnih za uzgajanje poznate voćne mušice pod sterilnim okolnostima. To su hidrolizat kazeina, saharoza, smjesa anorganskih soli, holesterol, riboza, nukleinska kiselina, biotin, holin, folna kiselina, nikotinamid, kalcijev pantotenat paraamino benzoeva kiselina, piridoksin, riboflavin i tiamin. Dodamo li svim tim sastojinama kvasac, muhe će rasti za trećinu bolje, a to pokazuje, da čak ni ta složena mješavina nije optimalna za rast. Hidrolizat kazeina može se nadomjestiti smjesom aminokiselina, ali se time samo povećava niz navedenih sastojaka. Ishrana insekata nije dakle jednostavna.

Napredak u prehrani mogao bi se znatno pospješiti, kad bi biokemičari posvetili više pažnje insektima. Mnoge vrste insekata uspijevaju samo na vrlo specifičnim hranjivim sastojinama, kao na pr. na soku neke stanovite biljke. Svaka takva vrsta vjerojatno ovisi o organskim sastojinama, koje za te

insekte predstavljaju visoko specifične vitamine. Razumijevanje takvih slučajeva možda bi nam moglo otkriti i neke osnovne odnose u prehrani čovjeka. Odnosom između potreba insekata i izbora prirodne hrane mnogo su se bavili Japanci, pri proučavanju dudova svilca (svilene bube). Oni su dugo pokušavali zamijeniti dudovo lišće drugom hranom, ali bez većih rezultata. Nešto uspjeha imali su s lišćem salate i lišćem neke vrste naranača, ali su dudovi svilci (svilene bube) bili slabi i proizvodili malo svile. Tako su ostali ovisni o dudu.

Insekti imaju neke hranjive sekrete, koji bi možda bili korisni za čovjeka, ako bi se proučili. Pčele stvaraju maticu hraneći je matičnim mliječem. Ne znamo još, koji sastojci te hrane prouzrokuju duboke promjene u ličinki, koja ih jede. Čini se, da je i stvaranje kasta kod mrava u vezi s njihovom hranom, ali o tome do danas još nije ništa poznato u biokemiji. Prema nekim podacima možemo zaključiti, da insekti mogu prenositi stečeni ukus slijedećim generacijama. Kod paličnjaka*, novoizlegle nimfe, vole više bršljan, ako su se njime hranili i roditelji. Ali nije tako, ako su se roditelji hranili kalinom. Konačno, postoje pojedine vrste insekata, kod kojih mužjak dobavlja posebnu hranu za ženku, kako bi se posješila reprodukcija. Biokemičari bi morali obratiti više pažnje tim naročitim učincima hrane, koji su nepoznati u ljudskoj prehrani, a mogli bi biti od velike važnosti.

Insekti su prvi otkrili koristi simbioze — skladne zajednice raznih oblika života — koja je korisna i jednima i drugima. Bakterije i drugi mikroorganizmi žive unutar tijela domaćina i tu stvaraju vitamine ili druge bitne hranjive sastojke, koje domaćin ne može sam proizvesti. Neki termiti čak i potpuno ovise o crijevnim protozoama, koje probavljaju celulozu, njihovu glavnu hranu. Više životinje na sličan se način koriste bakterijama crijeva. Uspostavljajući takve simbiotske odnose insekti mogu uspijevati i na nepotpunoj hrani. Mikroorganizmi stvaraju vitamine ili druge bitne organske supstance, koje su potrebne tijelu insekta. Insekti obično postupaju sa zarobljenim bakterijama vrlo dobro. Neki čak stvaraju

* Bacillus Carausius, Dixipus. — *Prev.*

posebne uređaje, koji mikroorganizmima omogućuju rad, a i čovjek ih naveliko uzgaja u svom crijevu. Insekti se također brinu, da kulture tih korisnih bakterija prijeđu sa matere na mlado. Oni unose bakterije u jaje prije oplodnje ili stvaraju jaki omotač bakterija oko jajeta kod odlaganja jaja, tako da mlado sigurno primi prave drugove.

Insektima su potrebni, kako se čini isti anorganski elementi kao i višim životinjama, iako su odnosi različiti. Insekti su također, kao i više životinje, osjetljivi na kvalitet proteina i esencijelnih aminokiselina. Čak i buba-švaba prestane rasti, ako se hrani nepotpunim proteinom, kao na pr. želatinom ili zeinom. Iste aminokiseline, koje su esencijelne za sisavce, esencijelne su i za insekte, ali za pojedine vrste broj tih aminokiselina nije isti. Insekti, čini se, ne mogu proizvesti neke potrebne proteine sami, te ih zato moraju primati u hrani.

RIBE

Evolucijom kralježnjaka kroz tisuće stoljeća postale su potrebne neke nove supstance u hrani. Razvila se potreba za novim esencijelnim tvarima, osobito u masti topivih vitamina. Pojavom biljoždera, kao što je govedo i jelen, razvila se u velikoj mjeri simbioza, u kojoj su više životinje iskorištavale niže forme životinja za stvaranje esencijelnih vitamina i aminokiselina.

U masti topivi vitamini postali su najprije važni za ribe. Jetra neke vrsti morskih pasa tako je bogata vitaminom A, da je lov na morske pse postao unosan posao. Danas se iz jetre morskog psa ekstrahira vitaminom bogato ulje, koje se prije dobivalo iz jetre bakalara i vrste ribe mekoperke.*

Srećom, čovjek nije nikada upotrebljavao jetru morskog psa kao hranu, jer je kod nekih vrsta tako bogata vitaminom A, da djeluju otrovno. O ishrani morskog psa malo nam je poznato, ali se pretpostavlja, da taj vitamin potječe od ribe, koju on jede, a koja ga opet dobiva iz karotina zelenih morskih biljaka.

* Hypoglossus Vulgaris. — *Prev.*

Ishrana pastrve bolje je proučena nego ishrana drugih riba, jer američki narod troši godišnje preko milijun dolara za uzgoj i mriještenje pastrva, kojima se opskrbljuju tokovi rijeka za sportski ribolov. U masti topive vitamine nalazimo kod pastrve u jetri i stijenkama oko želuca. Ako se pastrva hrani sama u prirodi, ta su mjesta gotovo isto tako bogata vitaminom A, kao i ulje jetre bakalara. Međutim, ako se pastrva umjetno uzgaja i hrani većinom slezenom, onda su količine vitamina A vrlo niske. Takva se pastrva može lako hvatati, jer joj je zbog pomanjkanja vitamina A oslabljen vid, pa vjerojatno ne vidi tako dobro udicu.

Nije još sa sigurnošću utvrđeno, da li pastrva i druge ribe trebaju ostale u masti topive vitamine. Ribe sa iskrivljenim kosturom promatrane su pod raznim okolnostima, ali se nije nigdje mogla utvrditi veza sa rahitisom ili tu iskrivljenost spriječiti vitaminom D. Za oblikovanje kostiju, pastrva prima kalcij iz vode, u kojoj pliva. Ne dostaje li u hrani kalcij potreban za izgradnju kostiju, a to je slučaj kad se mlada pastrva uzgaja na konjskom mesu, ona će ga primati iz vode, u kojoj pliva. Pastrva ne treba vitamin C, ali zato treba mnoge druge u vodi topive vitamine. Pomanjkanje tiamina kod pastrve izazvano je sasvim slučajno, kad su je hranili sirovim šaranom, u kojem se nalazi tvar, koja uništava ili inaktivira tiamin. Ribe se međusobno mnogo razlikuju u korištenju simbionata. Pastrva ima široki crijevni trakt i živi u vrlo hladnoj vodi od oko 12°C. Pod tim uvjetima ostaci hrane brzo napuštaju tijelo. Za veću aktivnost bakterija nema dovoljno ni vremena ni topline. S druge strane, šaran i zlatna ribica, koji se razlikuju od pastrve kao mačka od goveda, imaju sjajne uvjete za simbiozu. Šaranovo je crijevo dugo. U godišnje doba, kada je rast najbrži, živi u vrlo toplim vodama. Ti su uvjeti povoljni za razvoj bakterija u crijevu, i to je vjerojatno razlog, što šaran i zlatna ribica mogu uspijevati uz hranu, kojom se pastrva ne bi održala na životu. Kako pastrva može živjeti nekoliko mjeseci bez hrane, to je potrebno isto toliko vremena, da se pojave znaci nepotpune ishrane.

Rast se riba razlikuje od rasta viših životinja po tome, što se nastavlja, dokle god riba živi, ako su povoljni uvjeti i ima dovoljno hrane. Što je riba veća, to joj treba više hrane, a time je ograničena i njena veličina. Fiziološki riba nikad ne stari. Kad poprimi temperaturu okolne vode, onda ne troši hranu za održavanje topline. Na taj način ona znatno bolje nego više životinje pretvara hranu u tjelesno tkivo. Tako na pr. pastrva pretvara oko polovinu primljene hrane u ljudsku hranu, dakle mnogo bolje nego perad i svinje. Mogućnost uzgoja riba za prehranu u jezerima i rijekama pobudila je veći interes za ishranu ribe. Taj je način uzgoja vrlo star u ribnjacima Evrope. Stari manastiri i veliki posjedi smatrali su uzgoj riba i golubova te dobivanje meda kao dio dobro uravnoteženog gospodarenja. Britanski udžbenici sve do danas imali su posebna poglavlja, koja obrađuju te grane.

Kada su prije stotinu godina dva francuska ribiča pokazala, da se pastrve mogu uzgajati pod kontrolom čovjeka, pojavili su se neobični planovi o korištenju francuskih rijeka, kako bi pastrva postala opća hrana. No, gubici zbog bolesti, zatim usporeni rast za vrijeme zimskih mjeseci, skupi uređaji i poteškoće uzgoja na veliko. čine uzgoj preskupim u usporedbi s pilićima i svinjama.

U toj se zemlji od vremena do vremena optimistički gledalo na produktivnost vode, koja se upotrebljavala za uzgoj ribe u ribnjacima. Te se ribe indirektno hrane gnojenjem dna u ribnjaku, da bi se posješio rast brojnih biljaka i životinjskih organizama, koji ribama služe kao hrana. Kod šarana, grgeča i drugih vrsta često se puta prirodna hrana dopunjuje izravnim hranjenjem. Produktivnost je takvih ribnjaka u Americi dosta niska, djelomično zbog premale pažnje, a djelomično zato, što ima dosta druge hrane, koja se lakše proizvodi.

Međutim na Istoku i u Jugoistočnoj Evropi uzgajaju se šarani i druge ribe u ribnjacima za potrebe tržišta. U Evropi su ishrani i uzgoju šarana bila posvećena neka manja istraživanja. Stalnim ispitivanjima i boljim rukovanjem mogle bi vode, koje pokrivaju razne predjele zemlje, uključivši ovdje i

ribnjake i jarke za navodnjavanje, povećati proizvodnju ljudske hrane.

Osobito su poželjne male ribe duge 2—5 cm, jer je njihov prinos po jedinici površine vode najveći, i takve se ribe mogu jesti zajedno s kostima. Tamo gdje nema dovoljno mlijeka, kao na pr. na Filipinima, ove male ribe iz kanala služe kao izvor potrebnog kalcija, vitamina i proteina. U mnogim predjelima, gdje se obično jede velika riba, trebalo bi to promijeniti, kako bi se poboljšala opskrba kalcijem. Bolje iskorišćivanje proizvodnje ribe moglo bi poslužiti za prehranu u tropskim krajevima, ako bi se uzgoj ribe pokazao praktičnijim od mljekarskih gospodarstava.

TOPLOKRVNE ŽIVOTINJE

Na osnovu građe probavnog trakta i vrste hrane možemo ishranu toplokrvnih životinja svrstati u nekoliko grupa. Dvadesetak raznih vrsta, kojih ishranu dobro poznajemo, možemo podijeliti u četiri grupe. Prvo su ptice, tu nešto znamo o pilićima, puranima, golubovima, a nešto manje o patkama, guskama i fazanima. Drugo su sisavci sa širokim caecumom, to su uglavnom konj, kunić i morsko prase. Treće su preživači, kod kojih je najbolje istraženo govedo, a u manjoj mjeri ovca, koza i jelen. Konačno, nešto više znamo o ishrani životinja, u kojih su želudac i crijeva slično građeni kao kod čovjeka, a to su miševi, svinje, psi i hrčci. Nešto su manje istraženi majmuni, lisice, »mink«* i mačke. Postoje i drugi odnosi. Tako moraju ljudi, majmuni i morska prasad primati vitamin C u hrani, da ne obole od skorbuta, dok ga, čini se. sve druge vrste mogu proizvoditi same. Biljožderi, napose preživači, stvaraju daleko bolje u vodi topive vitamine i esencijelne aminokiselne, nego svežderači. Psi i ljudi obole od pelagre, ako u njihovoj hrani nedostaju stanovite bitne tvari, dok štakori, čini se, mogu stvarati neke od njih. Psi i ljudi napreduju bolje, ako je škrob u njihovoj hrani dobro prokuhan, dok je za druge vrste svejedno, u kakvu je stanju. Vjerojatno postoje i druge razlike

* Vrsta smrdljive kune sa skupocjenim krznom. — *Prev.*

među brojnim vrstama sisavaca, koje ne ćemo moći otkriti, dok ih proučavamo samo u ograničenom broju i dok ih ne udomaćimo.

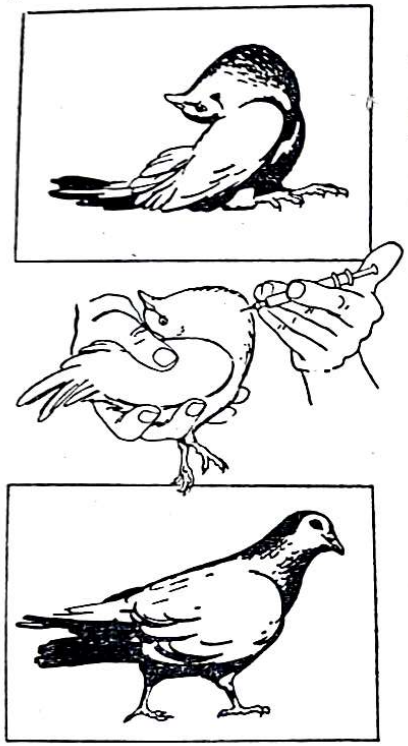
PTICE

U posljednja se dva stoljeća posvetilo nešto više pažnje ishrani pilića, i to kad je pronađen inkubator za liježenje i gajenje pilića. Čak je i u drevnom Egiptu moralo biti poznavanje ishrane peradi od velike važnosti, te su ta saznanja držale u tajnosti posebne kaste. Napredak za posljednjih 30 godina bio je znatan, kad su uzgajači počeli upotrebljavati koncentrirana miješana krmiva, koja su se u ograničenim količinama dodavala ostaloj hrani. Istraživači su počeli upotrebljavati piliće za osnovna istraživanja, jer su jeftini, brzo rastu i zahtijevaju malo mjesta. Kad se prešlo s gajenja jata na imanjima na veliku proizvodnju u mnogokatnim nastambama, nastali su novi problemi u ishrani. Pilići, koji su slobodno lutali, dopunjavali su svoju hranu biljem, crvima i insektima, što im u zatvorenom prostoru nije bilo moguće. Pilići trebaju većinu esencijelnih vitamina, koji su potrebni čovjeku. Na svakih 100 gr. hrane za piliće, mora biti 260 jedinica vitamina A, 25 vitamina D, te u vodi topivih vitamina: 170 mikrograma tiamina, 300 riboflavina, 1000 pantotenata, 1500 niacina, 300 piridoksina, te 10 mg biotina i 130 mg holina. Glicin i vitamin B_{12}, čini se, isto su tako važni, kao i kod čovjeka. Međutim pilići trebaju više mangana u svojoj hrani nego druge vrste. Nedostaje li mangan u njihovoj hrani, pojavljuju se naročite smetnje za vrijeme rasta.

Vitamin B_{12} posebno ćemo spomenuti, jer ga danas dobivamo iz ostataka pri preradi antibiotika, te ga možemo dodavati u dovoljnim količinama krmivu za piliće, svinje i pse. Pilići i svinje bolje iskorišćuju hranu bogatu vitaminom B_{12}. Štenad, koja se tek oštenila, ugiba, ako kuja nije imala dovoljno toga vitamina ili srodnih faktora u svojoj hrani.

Prije nekoliko stoljeća golub se mnogo uzgajao na posjedima u Engleskoj. Posjednik, koji je imao golubove, mogao je krasti žito svom susjedu, jer su golubovi skupljali svoju

hranu na okolnim poljima. No, u novije se vrijeme rjeđe uzgajaju, te o njihovoj ishrani znamo manje nego o ishrani pilića.



Golub, paraliziran zbog pomanjkanja tiamina, brzo se oporavlja, kad mu se taj vitamin injicira. Nakon sat-dva ponaša se opet normalno.

Pomoću golubova, međutim, unaprijedili smo nauku o prehrani na dva načina. Oni su poslužili, u prvom redu, prije više od jednog stoljeća u zanimljivim pokusima, koji su pokazali, da je kalcij bitan za izgradnju zdravih kostiju. Golubovi hranjeni samo žitom imali su slabe kosti, te su ugibali. Ako su se hranili žitom i vapnencem, isto su ugibali, ali su im kosti bile čvrste i jake. Golubovi su također bili važni i kod izolacije prvih čistih kristala tiamina. Nedostaje li u hrani goluba taj vitamin, on oboli od paralize, te mu glava pada natrag. Hranimo li ga tiaminom, oporavi se opet za nekoliko sati. Ista je pojava zabilježena na Javi kod pilića hranjenih poliranom rižom. Ti su pokusi doveli do samog otkrića tiamina.

Purani vrlo dobro pretvaraju žito u meso, te su u novije vrijeme postali važni u ljudskoj prehrani. Uzgojile su se nove odabrane rase, unaprijedile su se zdravstvene prilike, tako da se sada velika jata purana uzgajaju za tržište. Njihova je hrana slična hrani pilića. No, čini se, da trebaju neke tvari kao na pr. glicin, što ga druge životinje same proizvode.

Patke, guske i fazani uzgajaju se naveliko, ali je njihova ishrana malo proučena. Na patkama, puranima i pilićima možemo vidjeti kako razne vrste različito reagiraju na po-

manjkanje istog vitamina. Nedostaje li štakoru vitamin E, mužjaci postaju sterilni zbog degeneracije testikula i sjemenog mjehura, dok kod purana dolazi do povrede želuca. Sličan nedostatak prouzrokuje kod pilića edem i povrede mozga, dok kod pačića dolazi do povreda mišića nogu. Tako se nepotpunom hranom razni organi raznih vrsta nejednako oštećuju.

BILJOŽDERI — HERBIVORE

Konj, morsko prase i kunić imaju široki caecum — kesicu smještenu u probavnom traktu između tankog i debelog crijeva — u kojem je hrana izložena djelovanju bakterija, pošto je većina probavljenih hranjivih sastojaka već apsorbirana u tankom crijevu. Nije nam jasno, zašto se caecum nalazi iza tankog crijeva, jer tim smještajem tanko crijevo ne može apsorbirati vitamine i aminokiseline, koje proizvode bakterije u caecumu, a isto tako propadaju i produkti probave celuloze. Možda caecum neposrednije apsorbira hranjive sastojke, nego što mi to danas smatramo mogućim. Konjsko đubre sadrži mnogo u vodi topivih vitamina, a postaje dobar izvor vitamina B_{12}, ostavi li se da fermentira nekoliko sati. Te vitamine koriste vrapci, koji jedu gnoj, ali su za konja beskorisni. Danas još ne znamo, da li je konju potreban taj vitamin. Konj međutim treba gotovo iste količine vitamina kao i drugi sisavci. Bolesti se kostiju kod konja uspješno liječe vitaminom D. Kobila proizvodi askorbinsku kiselinu, koju izlučuje u mlijeko. Konji, kao i ostali biljožderi, trebaju izdašne količine celuloze u hrani, dok vrste, kao štakori, mogu napredovati bez te kabaste supstance.

Kunić, za razliku od konja, koristi simbiozu u caecumu. Kunići jedu svoje tamne izmetine, te tako hrana ponovno cirkulira kroz želudac i crijeva. To je opaženo prilikom određivanja bakra u izmetinama. Kunić hranjen sijenom djeteline izlučuje crne izmetine. Zamijenimo li tu hranu nekom svijetlo obojenom, naći ćemo u želucu primiješane crne izmetine. Samo ogrlica ili koja druga mehanička prepreka može spriječiti kunića da iskoristi tu bakterijalnu djelatnost caecuma.

Kunić i morsko prase trebaju tri poznata u masti topiva vitamina A, D, i E. Hranimo li ih sa mnogo bakalareva ulja, nezasićene će masti uništiti vitamin E. Kod morskog će se praseta pojaviti paraliza stražnjih nogu, a kod kunića dolazi do povreda srčanog mišića.

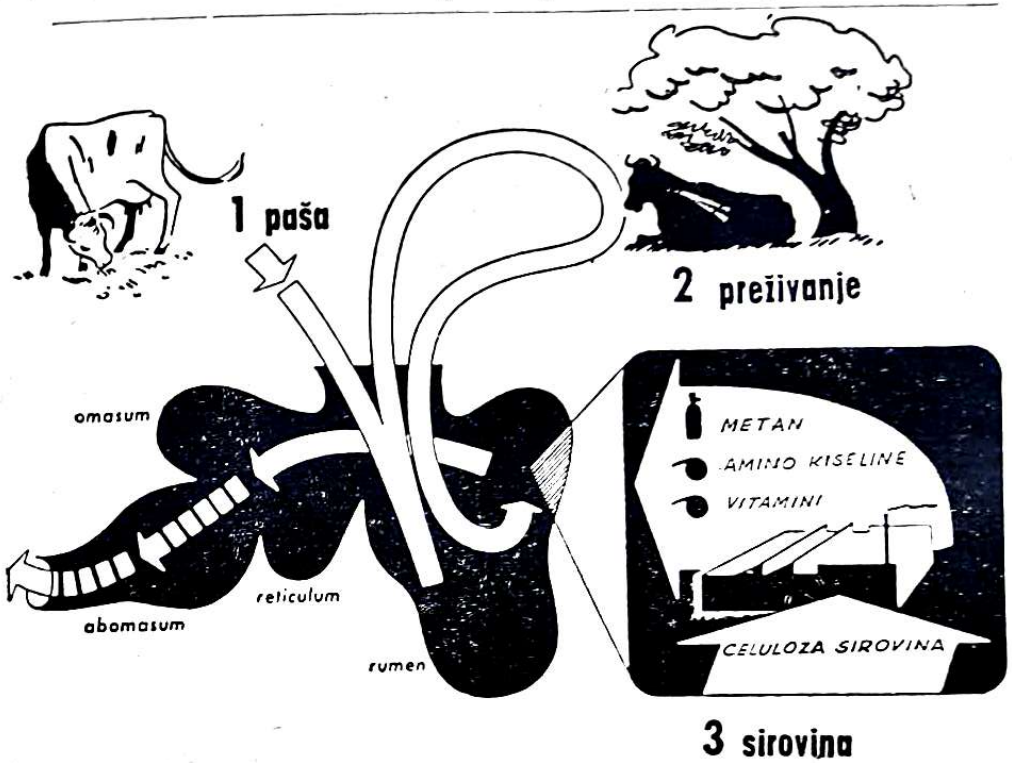
Kako vidimo, pomanjkanje istog vitamina E ima dva razna učinka. Od svih životinja, morsko prase najslabije iskorišćuje čvrste masti. Hranimo li morsko prase uljem, ono će iskoristiti i probaviti 95 do 98% ulja. Hranimo li ga hidrogeniziranim mastima, iskorištenje je daleko manje. Većina životinjskih vrsta, ubrojivši kunića i štakora, iskorišćuju podjednako oba oblika masti.

KRAVA I NJENI SRODNICI PREŽIVAČI

Malo se ljudskih pronalazaka može takmičiti po originalnosti i važnosti za modernog čovjeka — sa buragom — velikom fermentativnom bačvom, koja je smještena ispred pravog želuca krave, ovce, koze i jelena. Milijuni su godina protekli, otkako su insekti otkrili, da mikroorganizmi mogu stvarati esencijelne hranjive sastojke, pa do razvitka preživača, u kojima simbionti proizvode većinu esencijelnih organskih sastojaka.

Sijeno i žito, koje krava pojede, ulazi u burag, gdje se sprema i grije. Kasnije krava tu masu povrati i ponovno je žvače. Kada je krava završila ponovno žvakanje, vlaknasti je materijal ovlažen i fino razdijeljen, tako da na nj mogu djelovati bakterije. Zatim prežvakana hrana ulazi u drugi želudac. Ovdje, kao i u buragu, tisuće trilijuna bakterija uspješno pretvaraju celulozu u topive ugljohidrate i proizvode esencijelne aminokiseline i vitamine. Burag pojedine životinje sadrži također trilijune viših forma života, kao na pr. protozoe.

Zahvaljujući niskim formama života, govedo je s obzirom na ishranu najskromnije među životinjama. Nasuprot drugim životinjama, preživači obilno iskoriste energiju iz vlaknastog celuloznog materijala, kao što je sijeno. Neka od tih vlakana



Dok krava pase, kravlji želudac služi samo kao spremište. Prežvakana hrana se zatim podigne, kako bi se smljela i ovlažila, tako da kod slijedećih zadržavanja u želucima mogu trilijuni bakterija i protozoa obaviti svoje kemijske čarolije.

ostaju neprobavljena, te se izlučuju kao balega, koja služi kao gorivo za kuhanje hrane u mnogim predjelima zemlje, gdje je nestašica drva i ugljena. Nekada je to bio običaj i u američkim zapadnim predjelima. Termin »esencijelne« aminokiseline nema gotovo nikakva značenja za preživače. Bakterije u buragu prerađuju manje vrijedan protein, kao na pr. zein iz kukuruza, u punovrijednu bjelančevinastu hranu. Štaviše, koriste i ureu ili neke druge jednostavne dušićne spojeve, koje čovjek proizvodi iz atmosferskog dušika, te ih pretvaraju u dušik proteina. Nijedna životinja ne može iz atmosferskog dušika proizvesti direktno mesne ili mliječne proteine, ali krava to može, pomoću svojih bakterija — ako čovjek najprije veže atmosferski dušik, te joj ga dade u obliku uree. Sumpor

moramo dodati kao anorganski sulfat. Danas se daje stoci na tisuće tona uree, te se na taj način štede biljni proteini u stočnom krmivu. Međutim govedo ne može uspijevati samo na urei, već mu je potrebno i nešto proteina, koji se nalazi u travi i žitu.

U buragu se stvaraju ne samo aminokiseline, već i u vodi topivi vitamini, potrebni kravi i za izlučivanje u mlijeko. Mlijeko je punovrijedna hrana za svako doba života, dodamo li mu tragove anorganskih elemenata: bakra, željeza, mangana i joda. Malo ljudi zna, da su mlijeko, koje pijemo, djelomično stvorili bilijuni bakterija u buragu.

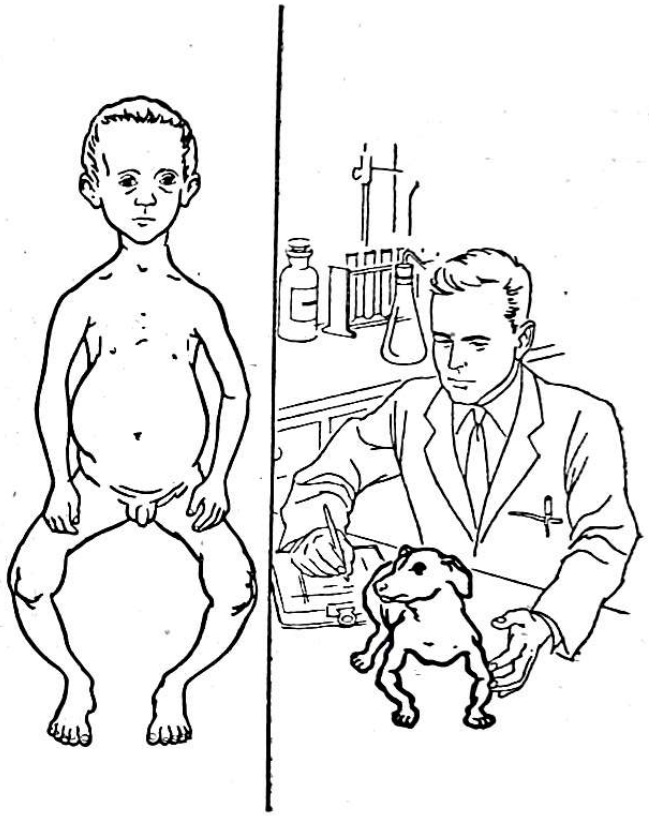
Ponekad se poremeti složeni život unutar kravljeg buraga ili još češće kod poodrasle teladi. Povezani je život prekinut. U takvim slučajevima uspostavit će normalno stanje hrana bogata vitaminima i proteinima, kao što je na pr. pivski kvasac. Organizmi, koji žive unutar samog buraga, međusobno su ovisni. Prestaje li dio populacije djelovati, razboljet će se cjelina, te može dovesti do propasti. Hrana ulazi u pravi želudac krave, pošto su na nj djelovale bakterije u buragu. Od tog se momenta probava i metabolizam krave malo razlikuje od probave i metabolizma drugih sisavaca.

Ishrana koze i ovce vrlo je slična ishrani goveda, ali su koze skromnije od drugih vrsta, te jedu lišće i koru grmlja, čak i kad imaju dovoljno hrane. Ovca također jede većinu zimzelenog lišća, osim cedrova. Jelen ima nešto drugačiji ukus, te obično brsti zimzelen i borove iglice. Kada su planine pokrivene gustim snijegom, možemo kozu hraniti i smjesom crne melase i smljevene soje.

OD MIŠEVA DO MAJMUNA

U razvitku nauke o prehrani najviše su nam od domaćih sisavaca poslužili: pas, bijeli štakor i miš. Oni se hrane slično kao i čovjek, raznolikom hranom. Želudac crijeva i drugi organi tijela vrlo su slični po obliku i proporcijama čovječjim. Međutim bijeli štakor i miš prođu sve stadije života od sisanja do starosti u 2 godine. Tako se u kratkom vremenskom

razdoblju mogu proučavati učinci hrane na degenerativne promjene u starosti i na promjene slijedećih generacija. Pas obično počinje starjeti oko desete godine, ali je razvitak senilnosti kod raznih pasa različit. Velike rase stare brže od malih.



Saznanje o uzrocima i liječenju rahitisa dobilo se pomoću eksperimenata na psima, kad se opazilo, da se kod štenadi, slično kao kod djece, razvija rahitis.

Početkom XIX. stoljeća pas je mnogo koristio u istraživanjima, koja su stvorila bazu moderne nauke o prehrani. Prve avitaminoze izazvane su na psima prije otprilike 150 godina. Nadalje je prije 100 godina pronađeno, da proteini variraju u svojoj hranidbenoj vrijednosti, te da psi, hranjeni samo želatinom, slabe. Već više od jednog stoljeća znamo, da psi bolje

uspijevaju, hranimo li ih kruhom od čitava zrnja umjesto bijelim. Prije 35 godina psi su se mnogo upotrebljavali za istraživanja vrijednosti kruha od brašna različitih meljava. Dodamo li brašnu previše mekinja, to će životinjsko tijelo nepotpuno koristiti i sastojke samog brašna.

Psi su također odigrali vrlo važnu ulogu u istraživanju rahitisa, koja su pokazala, da je ta bolest kostiju kod djece prouzrokovana pomanjkanjem kalcija i vitamina D. Štenad naročito brzo raste kod velikih rasa, kao na pr. danske doge, te je zbog toga sklona toj bolesti. Hranjive sastojine, koje utječu na zdravlje zubâ, također su istraživane pomoću psa. Psi ne pate mnogo od kvarenja zubâ. Ali ako je hrana siromašna, odnosno ako nema dovoljno kalcija i vitamina D, kad je kuja suštena, štenad će imati slabe zube. Konačno su nam psi poslužili prije četvrt stoljeća pri sastavljanju hrane za liječenje anemije, i pri izolaciji antianemičkog faktora iz jetre. Tim se istraživanjima otkrila vrijednost jetre u ljudskoj prehrani. Ona po svojoj vrijednosti znatno nadmašuje goveđi odrezak. Bijeli se štakor već desetljeća upotrebljava za ispitivanje ljudske hrane. Hrana štakora mora sadržavati sve sastojine, koje treba i čovjek, osim askorbinske kiseline i niacina. Ma kako bila hrana njima siromašna, štakor ne će dobiti ni skorbut ni pelagru. No, štakor je sklon rahitisu, te je vrlo osjetljiv na pomanjkanje vitamina A i D. Ta nam je njegova sklonost služila 50 godina za ispitivanje hrane i za izolaciju tih u masti topivih vitamina. Jedan od osnovnih problema, koje bismo trebali u budućnosti riješiti, jest razlika u trajanju života između muškarca i žene. Ženka štakora nadživi mužjaka, isto kao što žene nadživljuju muškarce. Zato nam za obrađivanje tog problema može poslužiti štakor. Miš je omiljena pokusna životinja već oko 60 godina. On nam je dao mnogo osnovnih podataka o proteinima, vitaminima i mineralima. Međutim unatrag par desetljeća upotrebljavaju se više štakori, jer miševi rasipaju hranu i tako otežavaju kvantitativni rad. U novije se vrijeme upotrebljavaju u prehrambenim istraživanjima štakori Sigmodoni, jer se njihovi zubi kvare, ako hrana sadrži šećer. Izgleda, da ta vrsta treba sličnu hranu kao i obični štakor, samo što njihova hrana mora sadržavati veće količine celuloze ili drugih sirovih tvari. Nedostaje li tih tvari, životinja ždere vlastite dlake, te ugiba, kad se želudac zabrtvi dlakama. Tom se pojavom moramo više pozabaviti, jer danas još malo znamo o ulozi kabaste hrane u ljudskoj probavi. Karakteristično je za (pamučne Sigmodone štakore) da se mogu prilagoditi vrućim klimama. Tokom jedne noći zbog kvara na uređaju za zračenje znatno je porasla temperatura u laboratoriju, gdje su se nalazili bijeli štakori i Sigmodoni. Svi su bijeli štakori uginuli, dok su Sigmodoni ostali živi. Odatle se vidi, da bi se pomoću tog štakora mogao riješiti problem života u tropskim krajevima. Posljednjih 20 godina upotrebljava se u prehrambenim istraživanjima i sirijski hrčak. Ova mala smeđa životinja slične veličine kao štakor, ali bez repa, može spremati hranu u kesicama svojih obraza kao i vjeverica. Hrani se slično kao i bijeli štakor, ali mu se zubi kvare, ako je hrana bogata šećerom. Ta će nam pojava možda biti korisna pri ispitivanju zubnih bolesti. Pokusi nam također pokazuju, da mužjak prosječno živi dulje od ženke, a to je obrnuto nego kod drugih vrsta i čovjeka, te će nam to možda objasniti te razlike kod raznih spolova.

Svinja treba gotovo istu hranu kao i čovjek, samo što može podnijeti veće količine sirova škroba. Kad bi čovjek pojeo iste količine sirova škroba, imao bi mnogo neprilika sa crijevnim plinovima. Svinja se također razlikuje od čovjeka, a liči na mačku po tome, što ne voli slatku hranu. Razlikuje se i po tome, što ne oboli od skorbuta, ako joj u hrani nedostaje vitamin C. Među domaćim životinjama mačka je bila posljednja istraživana, jer je njome teško rukovati u zatvorenu prostoru. Ženke mačke i »minka« trebaju u hrani nešto, što ih razlikuje od drugih sisavaca. To je neki nepoznati sastojak sirova mesa, koji se uništava kuhanjem. Mužjak može uspijevati na konzerviranom i pasteriziranom mlijeku, dok ženka ne može okotiti, ako je hranimo hranom, koju smo kuhali, da uništimo bakterije. Izgleda, da joj prigodice treba po koji miš. Mačke i »mink« razlikuju se od psa i lisice po tome, što ne podnose mnogo ugljikohidrata. Psi probavljaju ugljiko-

hidrate, kao na pr. oljušteno zrno i kruh, isto tako dobro kao i čovjek. Mačka međutim dobije proljev, hrani li se takvom hranom i u količinama, koje obično pojede čovjek.

Ishranom bi se majmuna trebalo više pozabaviti nego do sada. Prije 65 godina u londonskom su zoološkom vrtu istraživali ishranu lava i majmuna, jer su oboljeli od rahitisa. Hranili su ih kostima, ponutricom i uljem bakalara. Rahitis je nestao u zoološkom vrtu, a riblje se ulje počelo upotrebljavati za djecu tek poslije Prvog svjetskog rata, oko godine 1919.

Majmuni jako naginju skorbutu, te moraju dnevno primati čajnu žlicu narančina soka, kako bi se zaštitili od kvarenja desni i ozljeđivanja zglobova uzrokovanih pomanjkanjem askorbinske kiseline — isto kao ljudi i morsko prase. Pomanjkanje tiamina izaziva kod majmuna paralizu nogu. Ishrana će se majmuna vjerojatno intenzivnije ispitivati u budućim majmunskim kolonijama. Jedna je takva osnovana u Portoriku, gdje se proučavaju staračke bolesti, na koje znatno utječe hrana tokom života.

Na kraju ovog pregleda životinjske ishrane istaknut ćemo nekoliko osnovnih zaključaka. Sve životinje ovise o biljkama, ne samo zbog ugljikohidrata, proteina i masti, već i zbog u vodi topivih vitamina. Više životinje moraju također primati u masti topive vitamine. Čovjek se malo razlikuje od drugih životinja u osnovnim potrebama. Putem simbioze, koja je najbolje razvijena kod preživača, čitav vrt zarobljenih bakterija i mikroorganizama stvara potrebne hranjive sastojke. Mnogi izuzeci, kao na pr. potreba sirova mesa kod mačke, još nisu objašnjeni, ali će njihovo rješenje također koristiti čovjeku.

RAZNOLIKOST LJUDSKE HRANE

Prije nego što se razvila nauka o prehrani, ljudska je prehrana bila stvar slučaja i instinkta kao i kod životinja. Nema gotovo ni jedne biljke ili životinje, koju ljudi nisu pokušali jesti. Kad je netko pojeo otrovnu gljivu, otrovao se. Pleme,

Običaji zavise o geografskoj širini i dužini. Čovjek jede gotovo svaku biljku odnosno životinju.

koje dulje vremena nije našlo pogodnu hranu, gladovalo je ili je zbog slabosti podleglo neprijateljima. Oni, koji su ostali, već su samim tim, što su preživjeli, našli odgovarajuću hranu. Tako su se razvili čisti vegetarijanci i čisti mesožderi, kao što su na pr. Eskimi. Čovjek je međutim svežder, te može jesti životinjsku i biljnu hranu. Izgleda, da je uvijek tražio oboje, jer se već od prethistorijskog doba bavio gajenjem žita i lovom. Čovjek se prilagodio životnim uvjetima tropskih krajeva, arktika, đungle i pustinje. Tako se prilagodio nevjerojatno različitoj hrani. U nekim su se zemljama i kod nekih rasa zadržali stari običaji prehrane, usprkos lošim posljedicama i protivno učenju moderne nauke. Zanimljivo će biti promotriti, kako se ljudi danas hrane, i usporediti to sa današnjim znanjem o prehrani.

Većina se sisavaca i mnogo drugih nesisavaca upotrebljavalo prije, a i sada se upotrebljava kao hrana u raznim krajevima svijeta. U tropskim krajevima love i jedu majmune. U Kini katkada i strancima kradu pse, te ih jedu kao hranu. Havajci su nekada držali posebnu rasu pasa, koja se lako tovila, a upotrebljavali su je za pripremanje naročitih gozbi. U Sjevernoj Kanadi pse hrane medveđim mesom, a mast upotrebljavaju slično kao salo za kuhanje. Mladunčad američkog lososa birano je meso u kraju zvanom »North Woods«. Dikobrazi tog predjela zaštićeni su (jer se lako hvataju i ubijaju) te se na taj način čuvaju za izvanredne slučajeve za one ljude, koji se izgube u tim šumama.

U drugim dijelovima svijeta ljudi jedu šišmiše, američke tvorove, vodene konje, mravojede, kengure, štakore i lavove. Gladnu čovjeku ni jedna životinja nije sveta. Čovjek je nekada jeo većinu ptica, premda mu grabežljive ptice rijetko kad prijaju. U Francuskoj su nekad jeli čak i škanje, koje žive na trulom mesu. Jedan je način za isticanje društvenog položaja u starom Rimu bio održavanje banketa, na kojima su se služila jela priređena od jezika rijetkih ptica. Ptice, koje je čovjek jeo, bile su ševe, drozdovi, kosovi i kanarinci.

Žabe, kornjače i zmije općenito se jedu čak i u Americi. Odabrani žablji krakovi izvoze se iz Louisiane na sjever. Glav-

na industrija u Key Westu jest prerada juhe od gorostasnih kornjača. U Floridi se konzervira delikatno meso zvečarki.

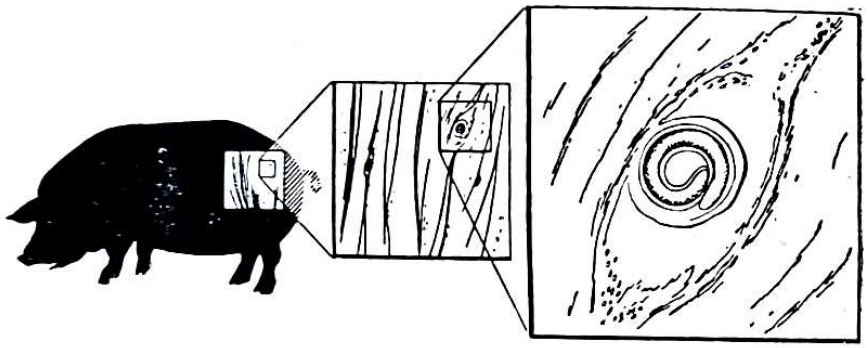
Riba služi svugdje na svijetu kao hrana. Otkad je u Sjedinjenim Državama uvedeno hlađenje, riba se jede ne samo u petak, već svakog dana, i to ne samo na moru i oko jezerâ, već i u najudaljenijim selima. Glavni je problem stručnjaka za prehranu, kako naučiti ljude, da iskoriste i riblje kosti. U mnogim krajevima, gdje je riba glavna hrana, a proizvodnja je mlijeka gotovo nepoznata, hrani nedostaje kalcij. Neki narodi pripremaju juhu dugim kuhanjem ribljih kostiju, u kojima je koncentrirano mnogo kalcija. Mali se klenovi (2 do 5 cm dugi) na Filipinima suše i jedu čitavi kao i sardine. Na Labradoru su još do nedavna bacali riblje kosti i glave u ocean, a možda to čine i danas. Narod Labradora ima međutim još uvijek slabe zube zbog pomanjkanja kalcija u hrani. (Fofsor nije problem, jer ga ima obilno u svim biljnim i životinjskim tkivima.) Bacanjem ribljih kostiju i glava u more gubi se bogati i pogodni izvor kalcija. Kalcij ribljih kostiju možemo iskoristiti, ako kosti dugo kuhamo, ili kiselimo u octu.

U mnogim krajevima jedu insekte. To su u Africi i na Istoku pčele, mravi, vrste skakavaca, termiti, ličinke dudova svilca, modre muhe, zrikavci i pauci. Neke od tih vrsta možda će biti korisne u budućnosti kao izvori vitaminskih koncentrata, kada će zbog porasta pućanstva trebati više hrane. Neki narodi jedu i crve i pijavice.

Kornjaši i mekušci više se jedu. U Americi su omiljeli morski rakovi, mali rakovi, oštrige i druge vrste mekušaca. Puževi su luksuzna hrana u francuskim restoranima. Odrasli džinovski puževi, koje su Japanci iz Afrike prenijeli na Pacifičke otoke, imaju oko dvije unce mesa. Ti su puževi važan izvor mesa, a u nekim krajevima mogu bolje od stoke pretvarati zeleno tropsko bilje u proteine, vitamine i minerale. Zaslužuju, da im se posveti veća pažnja.

Ljudi, razasuti po čitavoj zemlji, jedu gotovo svaku vrstu životinja, bilo zdravu ili bolesnu. Nemamo dokaza, da je dobro prokuhano meso oboljele životinje opasno po zdravlje.

Prije 100 godina neki je Francuz, imenom Decroix, kuhao i jeo meso raznih vrsta životinja, koje su uginule u zoološkom vrtu, i nije obolio. Čak je tvrdio, da su neki njegovi prijatelji, koji su bili nepristrani, više voljeli meso oboljelih životinja. Decroix je bio oduševljen uživalac konjskog mesa. U to se vrijeme u Francuskoj propagirala upotreba konjskog mesa. Ta je kampanja tako uspjela, da sada Francuska uvozi suvišne radne konje iz Engleske, a usoljeno konjsko meso iz SAD.



Trihina leži savijena u mišićima mnogih svinja. Iako se uništava kuhanjem mesa, potrošač je uvijek u opasnosti od zaraze.

U Sjedinjenim Državama trihinoza je jedina opasnost od uživanja bolesnih životinja. Svinje, koje jedu otpatke, mogu oboljeti od trihinoze, jer u smeću obično ima i nekuhanih ostataka svinjetine. Na smeću se također zadržavaju štakori, koji su nosioci trihinoznih organizama. Svi otpaci, koji se daju svinjama, moraju se prokuhati. Znatan je dio Amerikanaca blago zaražen trihinom, ali se čini, da bolest postaje tek onda opasna, kada naraste veliki broj organizama, kao na pr. kad se jede nedovoljno kuhana šunka i svinjska rebarca. Svinjetinu moramo dugo i temeljito kuhati.

Uživanje ljudskog mesa poznato je kod divljih plemena sve do današnjih vremena. Zapravo je kanibalizam vladao čak i u Evropi za vrijeme velikih gladi od IX. do XII. stoljeća. Šumski su razbojnici klali, kuhali i jeli, te prodavali ljudsko meso. Čak su i u XIV. stoljeću u tamnicama Engleske novi zatvorenici bili u opasnosti da posluže kao hrana udo-

maćenim stanovnicima. Mnogi su se slučajevi kanibalizma događali na Američkom kontinentu za osvajanja Zapada prije 100 godina. Sumnja se, da su za vrijeme i krajem Drugog svjetskog rata neke grupe Japanaca, nasukane na udaljenim otocima, pribjegavale kanibalizmu.

HRANA PRETHISTORIJSKOG ČOVJEKA

U naučnom djelu Alfonsa De Condola »Porijeklo kulturnih biljaka«, koje je izašlo u Parizu 1855., a prevedeno je u Americi god. 1885., navedena je biljna hrana primitivnog čovjeka. Vrlo je značajna raznolikost hrane ljudi kamenog doba.

Mnogo se saznalo o hrani primitivnog čovjeka, kada su Švicarci, isušujući jezera, stvarali imanja na nekadašnjem jezerskom dnu. Oni su oslobodili sloj po sloj primitivnih naselja, građenih na stupovima iznad jezera (sojenice) novijeg kamenog doba prije nekoliko desetaka hiljada godina. Vrlo su poučni otpaci, koje su ti jezerski stanovnici bacali u vodu. U novom su kamenom dobu stanovnici tih jezerskih naselja udomaćili i kultivirali nekoliko vrsta žita, što vidimo po ostacima pougljelog kruha. Ostali podaci, koji su odasvud skupljani, osnova su za tabelu 7, u kojoj je približno navedeno, kada su poznate kulturne biljke bile udomaćene.

U novom kamenom dobu pronađeni su luk i strijela, te je lov pružao obilje hrane. Jelen, losos, bizon, ptice, kao i današnje domaće životinje bile su izvor masne hrane jezerskih stanovnika. Međutim oni nisu poznavali piletine, jer su perad doveli Grci iz Azije, tek oko 600 godina prije n. ere. Riba je očito bila sastavni dio njihove hrane. Život u tim sojenicama iznad vode omogućio je, da se dio hrane dobiva direktno sa »dna«. Istovremeno su otpaci naselja privlačili i hranili ribu.

Slično kao kalifornijski Indijanci, tako su i stanovnici tih jezera upotrebljavali žir za hranu. Jeli su i orahe, a od ljuske su pravili igračke za djecu. U istom razdoblju, samo 5 stoljeća prije, žene su u Egiptu pekle kruh od pšenice, a svoje nokte bojile sokom biljke »Henna« (Lavsonia inermis).

Tabela 7

Vrijeme od kada se gaje obične biljke, koje služe za prehranu
(Prema podacima De Candolle-a)

preko 4000 godina	preko 2000 godina	ispod 2000 godina	Novije američke
repa	rotkvica	hren	krumpir
repica	mrkva	pastrnak	kakao
luk	šećerna repa	špinat	tikva
kupus	češnjak	peršun	zapodilja
čaj	taro	hmelj	rajčica
šafran	salata	citrus sinensis	mak
limun	šparga	jagoda	ananas
mango	šećerna trska	heljda	kukuruz
kajsija	trešnja	vrganj	kikiriki
breskva	šljiva		arnotto
badem	grašak		
jabuka	raž		
lubenica	zob		
krastavac	gorušica		
smokva	biber		
datulja			
banana			
grah			
leća			
soja			
pšenica			
pir			
ječam			
proso			
sirak			
riža			
ricinus			
čičoka			

Potrebu za slatkišima su naši preci zadovoljavali medom. U staro su doba neki krajevi, kao na pr. planina Ida na Kreti, bili čuveni po medu finog mirisa. Međutim, med s područja Crnog mora bio je otrovan, jer su ga pčele skupljale sa Rhododendrona. Naši su preci jeli i neke druge slatke tvari, kao na pr. manu, sok koji se dobiva zarezivanjem stabala stanovitih vrsta jasena. Osušen sok obiluje supstancom manitom.

Grci i Rimljani nisu imali jasne predodžbe o šećeru. Znali su, da Indijci žvaču trsku. Neki je kineski car god. 627. poslao svog čovjeka u Indiju, da nauči vještinu pripremanja šećera.

Žito, koje danas ljudi jedu, jelo se i prije najmanje 10.000 godina. To je proso, riža, zob, ječam, pšenica, raž i kukuruz. Proso je najstarije žito, koje je čovjek jeo, i prinosio bogovima davno prije pronalaska pluga. Upotrebljava se još uvijek mnogo u Africi i dijelovima Kine za pripremanje kruha. Zob i raž relativno su novija hrana, dok je riža vrlo stara i poznata pod raznim imenima. Upotrebljavala se još prije 2.800 godina prije naše ere. Divlji oblici riže od tada su se znatno raširili i još se uvijek upotrebljavaju kao hrana čak i u Americi. Ječam je bio poznat još i u prethistorijsko doba, ali nije nađen u egipatskim grobnicama. Kinezi su rano, i to 2.700 godina prije naše ere, poznavali ne samo rižu, već i sijerak, soju i pšenicu.

Kokosov se orah u Aziji i zapadnoj Americi pojavio vrlo rano. Smatra se, da potječe iz zapadnih krajeva Centralne Amerike i da ga je oceanska struja prenijela i na Pacifičke otoke i obalu Azije. Već prije 5 stoljeća Kinezi su upotrebljavali čičoku kao hranu. Od voća se već od najranijih vremena upotrebljavalo grožđe. Egipćani i stanovnici švicarskih sojenica pravili su od njega vino. Među ostacima švicarskih jezerskih stanovnika našli su se djelomično izgorjeli primjerci, što sliče jabukama, koje još uvijek divlje rastu u Švicarskoj. Izgleda, da su jabuke rasle i u vrtovima Feničana. Od davnih vremena poznate su i kruške, šljive i sitno voće kao malina. U staroj Kini naranče su rasle divlje, a »grape-fruit« je na Malajskom poluotoku bio poznat vrlo rano.

Krumpir, orašac, rajčice i kukuruz potječu iz Amerike. Američki su Indijanci pronašli i više načina pripremanja kukuruza, koji se i danas upotrebljavaju. Slatka su zrna jeli izravno s klipa. Druga su strugali vilicom životinjâ. Neka su opet žene i djeca žvakali i kuhali s grahom, pripremajući na taj način jelo za obitelj, zvano »Succotash«. Žene su proizvodile od zrnja brašno, tucajući ga u drvenim mužarima.

Jelo poznato pod imenom »Homyni«, pripremalo se kuhanjem zrnja s drvenim pepelom, pri čemu se odvajala pokožica i bacala u posebne koševe. Osušena zrna pomiješana sa prahom osušena mesa, služila su kao »željezna rezerva« Indijanaca.

RAZVITAK PREHRANE

U prethistorijsko doba čovjeku je bio pristupačan velik niz raznolike hrane. Svrstavanje te hrane u obroke, koji su omogućili održavanje zdravlja i života pod surovim okolnostima, zacijelo je bio dug i složen proces. Odabiranje prirodne hrane, koje je vršio čovjek, rijetko je kada bilo pouzdano. U toku od nekoliko stoljeća imamo niz nesigurnih podataka o djeci, koja su, ostavljena sama u šumi, preživljela jedući žir, korijenje, sirovo divlje voće i jagode. U suvremeno doba vršeni su pokusi s grupom djece, koja su mogla iz niza zdrave hrane slobodno birati. Izgleda da su u ograničenom vremenu promatranja ta djeca sasvim dobro napredovala. Međutim ne znamo, što bi se dogodilo, kad bi se to nastavilo godinama, ili kad bi se djeci dopustilo da biraju između slatkiša, bezalkoholnih slatkih pića i mlijeka.

Nadalje su vršeni mnogi pokusi odabiranja hrane pomoću poznatih pokusnih životinja, kao što su na pr. bijeli štakori, koji nam, izgleda, mogu otkriti, da li nekoj hrani nedostaju neke soli, proteini, tiamin ili kalcij, te izabrati hranu, koja nadoknađuje te nedostatke. Štakori na pr. vrlo rado piju pića, koja sadrže 10% šećera. Uz hranu, koja sadrži dovoljno proteina, kalcija i vitamina A, piju velike količine te šećerne otopine. Nedostaje li hrani jedna ili više od tih supstanca, štakor zanemaruje šećernu otopinu, te jede radije ostalu hranu nego beskorisni šećer. Nismo sigurni, da li bi ljudi isto tako pametno postupili.

U prijašnje doba, kada je prehrana bila utvrđena kulturnim običajima pojedinih lokalnih grupa, bila je dakako ovisna o zemljištu i klimi toga kraja. Mnoga su plemena ostajala na istom mjestu, dok su druga lutala za hranom. I u jednom i u drugom slučaju jeli su hranu dotičnog kraja. Prema tome,

postojale su i velike razlike u prehrani, a zbog toga i razlike u tjelesnoj kondiciji i zdravlju. Jedno je indijansko pleme na pr. imalo sjajnu prehranu sastavljenu od punog zrnja, domaćeg mlijeka, voća i malo mesa, dok je susjedna grupa, koja se nešto drugačije hranila, bila jedva sposobna da preživi reproduktivni period života. Od hrane, kojom su raspolagali naši preci, kao što je na pr. meso, mlijeko, jaja, grah, žito, voće, orasi i nešto povrća, trebalo je tek neke pomiješati, pa da se dobije punovrijedna hrana. Jaja su, na primjer, punovrijedna hrana, samo im nedostaje kalcij.

Stari su Kinezi znali iskoristiti kalcij od ljuske jajeta. Otapali su ljuske u octu i pili tu otopinu. Mlijeko je gotovo punovrijedna hrana. Nedostaju mu samo tragovi željeza, joda, mangana i bakra. Žitu nedostaju samo neke esencijelne tvari, kao na pr. vitamin A i D, kalcij i neke esencijelne aminokiseline.

Nekada su ljudi primali dovoljno vitamina, jer su jeli ponutricu životinja, mlijeko, sir i zeleno lišće. Naši su preci sabirali trave i korijenje kao lijek, a možda su time nadoknađivali pomanjkanje vitamina A i C. Već Plinije (23—70 god. pr. n. e.) opisuje upotrebu divlje mrkve kao medicine. Mrkva se upotrebljavala u čitavu svijetu već od najdavnijih vremena.

Većina primitivnih ljudi treba malo vitamina D, jer uglavnom provodi život vani. Djeca im međutim ostaju na životu, samo ako su dugo sisala, a poslije odbijanja od sise rastu vrlo polagano. Problem skorbuta rješava se na razne načine. U tropskim krajevima ima svugdje voća, te se čovjek i majmun u tim predjelima ne boje skorbuta. Na Dalekom Sjeveru primaju Eskimi dovoljno askorbinske kiseline (vitamin C) iz mesa i jetre, koje jedu sirove, a jer ih čuvaju zamrznute, ostaje vitamin C sačuvan.

U umjerenim i subarktičkim predjelima problem je vitamina C bio naročito težak u vojsci i na brodovima, gdje su ljudi morali dulje živjeti samo o žitu i usoljenu mesu. Prije XVI. stoljeća holandski su brodovi nosili biljne vrtove, koji su davali nešto zelene i svježe hrane. Prije nekoliko stoljeća

narodi su Indije i Kine pripremali vitamin C klijanjem sojina zrnja i mung graha. Već su davno urođenici u mnogim krajevima svijeta pripremali fermentiranjem isklijalih zrna pivo, koje sadrži vitamin C. Isklijali ječam — slad — osnovni je materijal za sva piva. Američki Indijanci pripremali su čaj bogat askorbinskom kiselinom, od borovih iglica. Rusi su čak god. 1935. prozvodili za sprečavanje skorbuta gorke bonbone, koji su sadržavali ekstrakt borovih iglica. Da je ta bolest u Engleskoj dugo vladala, pokazuje i pridjev »scurvy«, što znači sramno ili odvratno. Prosječni Britanac brzo je i lako obolio od skorbuta na putovanjima u Ameriku u XVII. i XVIII. stoljeću, što je dokaz, da su Britanci bili neotporni prema skorbutu.

Pračovjek je prilagodio svoju hranu klimi. Na Arktiku ljudi uglavnom trebaju hranu bogatu kalorijama. Obično je to mast, te je često opisivana čežnja arktičkih stanovnika za njom. Eskimi jedu čistu mast kao Amerikanci slatkiše, ali sa više opravdanja. Potkožna slanina tuljana već je odavna poznata kao omiljeno jelo Eskima. Američki su Indijanci sisali masnu moždinu životinjskih kostiju, a često su spremali mješavinu masti, sirova mesa i jagoda za slučajeve oskudice.

U današnje vrijeme neki Pacifički otoci predstavljaju sjajne primjere razvoja dobre prehrane putem vlastite samostalne ekonomije. Primjer Okinave jedan je od tih. Okinavci podmiruju kalorije rižom i čičokom. Potrebne proteine dopunjuju sojom, ribom, kao i manjim količinama svinjskog mesa i peradi. Na otoku se proizvodi i neka vrsta rajčica i citrusa. Većinu vitamina A dobivaju iz krumpirovih gomolja i divljeg zelenila. Nešto škroba dobivaju također od primitivne palme Cycas revoluta.

Sistem proizvodnje svinja u Okinavi pokazuje nam usku vezu prehrane i poljoprivrede u štedljivoj ekonomici. Svaka bolja kuća ima svinjac za dvije svinje, građen od kamena, i jamu ispod površine zemlje. Urođenici bacaju u svinjac ljudske izmetine i otpatke. Ljudski otpaci služe svinjama kao hrana. Time se vjerojatno također poboljšavaju zdravstvene prilike, jer se ljudski paraziti uništavaju prolaženjem kroz

svinjska crijeva. Pokraj i ispod svakog tora nalazi se rezervoar za tekuće izmetine. Svinjske se izmetine vade iz torova i upotrebljavaju za gnojenje vrtova.

Takva ekonomija, doduše, ne bi odgovarala estetskom ukusu Amerikanaca ili Japanaca, ali zato predstavlja sjajan ciklus ekonomskih pretvorbi otpadne hrane u svinjsku mast, proteine i vitamine iz svinjske jetre kao i vrtne proizvode. U isto se vrijeme na taj način suzbijaju paraziti, kao što je rudarska glista.

Da bi se što bolje prilagodio pristupačnoj hrani, čovjek je već odavno prirađivao prirodnu hranu, da bude jestivija, ukusnija i bogatija vitaminima. Jednostavan je primjer zrenje mesa. Kod toga se polaganim djelovanjem mikroorganizama mekšaju mesni proteini. Jaki se miris, koji se javljao prije nego što su bili poznati hladionici, prikrivao jakim mirodijama. To nam objašnjava i rašireno trgovanje mirodijama u Srednjem vijeku i još danas tipično paprena jela tropskih zemalja.

Čovjek je pronašao mnogo jednostavnih načina pripremanja hrane, kako bi zadovoljio svoje naročite potrebe. Često se takvim prirađivanjem istovremeno postiglo više ciljeva. Kad klija soja i mung grah, na pr., stvara se askorbinska kiselina. Hranjivi sastojci soje kao izdanci postaju probavljiviji kuhanjem u malom volumenu vode kroz 5 minuta. Na taj se način stvoreni vitamin ne uništava kao kod dugog grijanja, a istodobno se štedi gorivo u tim krajevima, gdje se kuha na šaci rižine slame ili suhog gnoja.

Plijesni se već dugo upotrebljavaju za poboljšanje mirisa i hranidbene vrijednosti jela. Na Istoku se sojin umak priprema dugotrajnim djelovanjem plijesni na soju. Tako priređeni umaci imaju vjerojatno jedinstvenu hranidbenu vrijednost, te su znatno vredniji od umaka, koji se proizvode u Americi brzom hidrolizom sa solnom kiselinom. Plijesni su se također dugo upotrebljavale za dobivanje značajnog mirisa kod mnogih oblika sireva. Takvim prirađivanjem i zrenjem sireva nastaju i neki u vodi topivi vitamini.

Za vrijeme Drugog svjetskog rata neki je Holandez uspješno upotrijebio plijesni za pripremanje hrane ranjenicima, koje su Japanci zarobili na Javi. Poslužio se starom metodom Javanaca, t. j. izložio je soju kroz jedan dan djelovanju stanovitih plijesni. Na taj su način kokosov orah i sojino brašno, koji inače služe kao krmivo, postali probavljivi i za slabe bolesnike.

Pasteur je prvi uvidio veliku važnost kvasca u proizvodnji kruha, piva i vina, ne samo zbog fermentacije, već i zbog obogaćivanja tih produkata vitaminima. Čovjek i svi viši kralježnjaci domaćini su bilijuna bakterija, koje proizvode vitamine. To je opaženo, kada se otkrilo, da se količina vitamina K u izmetinama pilića povećava stajanjem u toploj sobi. Otkriće vrlo važnog vitamina B_{12} u kravljoj balezi upozorilo nas je na konstruktivno djelovanje mikroorganizama u želučano-crijevnom traktu životinja.

U starim se načinima pripremanja hrane upotrebljavaju mikroorganizmi kod raznih kiselenja. Na taj se način kupus pretvara u kiseli kupus. Na Istoku se kisele i mekinje, i tako se u hrani povećava sadržaj vitamina apsorbiranjem u vodi topivih vitamina iz mekinja. Kiselo odnosno kultivirano mlijeko predstavlja drugi sjajni primjer pripremanja hrane pomoću mikroorganizama. U Skandinavskim je zemljama to uobičajeno te se smatra naročito korisno za starije ljude. Amerikanci troše znatne količine t. zv. »Butter milka«, koji se pravi kiselenjem obranog mlijeka, koje je vrlo popularno. Takav »Butter milk« korisna je hrana za one, koji trebaju kalcij, proteine i druge sastojine mlijeka bez masti.

Od najstarijih vremena postoje grupe ljudi, koje žive isključivo na vegetarijanskoj hrani, i manje grupe, kao što su Eskimi, koji žive od mesa, nešto jagoda i druge biljne hrane za vrijeme kratkog ljeta. Danas mnogi vegetarijanci ne podnose klanje životinja, već piju samo mlijeko. Neki međutim, uključivši i Hinduse, ne jedu ni jaja. Tolstoj je držao, da bi ljudi prestali jesti meso, kad bi morali sudjelovati kod klanja životinja. Budući da mlijeko i jaja sadrže sve bitne organske sastojine, a biljke obično sadrže sve bitne mikroelemente,

uključivši i kalcij u listu, to vegetarijanci, koji jedu mlijeko i jaja, ne moraju biti zabrinuti zbog svoje hrane. Vegetarijanska hrana mogla bi biti potpuna i bez jaja i mlijeka za potpuni ciklus ljudskog života, ako bi se takva hrana brižljivo pripremala prema načelima moderne nauke o prehrani. Dio se hrane mora prirediti pomoću plijesni ili bakterija, kako bi se osiguralo dovoljno vitamina B_{12} i srodnih faktora.

ULOGA PIĆA U PREHRANI

Čovjek od pamtivijeka prima znatne količine svoje hrane u obliku pića. Do polovine prošlog stoljeća ljudi, koji su živjeli u stalnim zajednicama, nerado su pili vodu. Živi li malo ljudi na velikom prostoru životom nomada, uživanje je vode bezopasno, jer voda nije zagađena. Međutim, kad god su ljudi još do nedavna počeli živjeti u stalnim zajednicama, voda bi se obično zarazila. Zato su ljudi gasili žeđ čajem, vinom, pivom ili drugim pićem, koje je bilo sigurno od zaraze od bakterija.

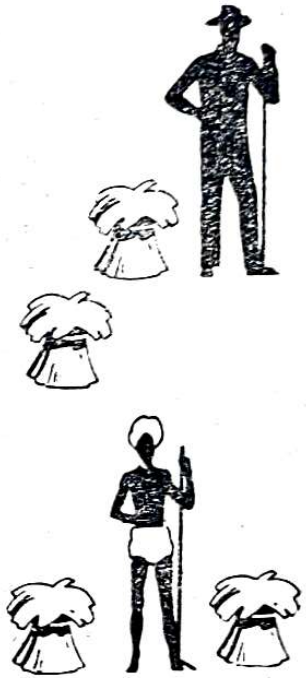
Mlijeko i krv pili su ljudi od najstarijih vremena zbog hranjive vrijednosti. Drži se, da neka pastirska plemena u Africi piju krv zbog soli i zbog hranjivosti same krvi. Neki Eskimi smatraju krv kita kao rijetku, ali izabranu hranu. Mlijeko se već nekoliko hiljada godina upotrebljava u raznim kombinacijama. U historiji su poznate jedinstvene mješavine mlijeka i piva, te kisela mlijeka i krvi. Zaslađeno mlijeko i razne današnje kombinacije bile bi čudne ljudima prošlosti, kao i nama njihove.

Neka od starih pića, kao čaj i kava, služe kao bezopasna voda, jer se poslužuju kipuća. Čaj je nakon stoljetne upotrebe na Istoku prenesen u Englesku, a u Evropu prije nekih 300 godina.

Čovjek je pronašao na hiljade fermentativnih pića. U svim su vremenima ta pića razveseljavala zbog alkohola, a bila korisna zbog vitamina, koje stvara kvasac, jedan od najbogatijih izvora u vodi topivih vitamina. Prije nego što su ljudi naučili bistriti takva pića, kao što je pivo, i u danima

kada su britanski mornari, dok su bili u luci, primali dnevno po čovjeku galon piva, to je uživanje piva bilo važno zbog vitamina. Iako moderno pivo nema kvasca, ipak još uvijek sadrži u vodi topive vitamine, osim tiamina, koji se odstranjuje sa kvascem. Moderna tehnologija treba pronaći puteve, da vrati kvasce fermentiranim pićima.

Mlijeko, a onda pivo dva su pića, koja mnogo pridonose američkoj prehrani. Na zadnjem mjestu dolaze brojna slatka pića, koja sadrže oko 10% šećera, i razne mješavine kofeina, kiselina, mirisnih materija i boja. Slično kao kava i čaj, ona se ne piju zbog hranjivosti.



DEVETO POGLAVLJE

Poboljšanje prehrane

U petom i šestom poglavlju iznenadili smo se, kad smo vidjeli, kako ljudsko tijelo provodi nevjerojatno složene procese metabolizma, sasvim automatski i bez nadzora ili znanja dotične osobe. Međutim, još smo se više iznenadili, kad smo u osmom poglavlju vidjeli, kako primitivne rase ljudi i životinje mogu odabirati iz svoje okoline one tvari, koje tijelo treba za održavanje života i zdravlja. Oni to podešavaju tako, da pronalaze i jedu ne samo sirovine za dobivanje energije i izgradnju tijela, već i rijetke i vrlo specifične sastojine, kao vitamine i minerale, koji izgrađuju i podržavaju tajanstvene encime — životne agense metabolizma. Urođena mudrost ključ je za održavanje života. Ali »mudrost« nije zato podesna ri-

ječ. To je empirijsko iskustvo, koje se steklo beskrajnim eksperimentiranjem, iskušavanjem i griješenjem, kada je pogriješiti značilo umrijeti. Kad Eskimi ne bi jeli životinje zajedno s mesom, masti i unutarnjim organima, kao i riblje kosti, ne bi ih više bilo. Kad narodi, koji se hrane uglavnom rižom, ne bi uz to jeli ribu i variva obogaćena vitaminima pomoću plijesni, također bi nestali. Vrsta ili pleme ne živi samo od materijalne hrane, nego i od svojih navika, običaja, pa čak i obreda. Kako ti običaji nisu bili zasnovani na stvarnoj nauci niti na principima nauka, morala su ih se plemena strogo držati. Svako odstupanje značilo je propast. U davnim vremenima to je bilo dosta lako, jer je pleme bilo vezano na ograničeni prostor i bilo jednako opskrbljivano hranom. U moderno se doba međutim sukobljuju najmanje tri faktora sa starom utvrđenom ravnotežom i dovode do rasprostranjivanja loše prehrane.

Prvi je faktor pomanjkanje zemlje ili ukratko podesne klime. Drugi faktor je poljoprivreda nekog kraja, koja ne proizvodi sve potrebne hranjive sastojke, i ovisnost tog kraja o uvozu hrane iz udaljenijih predjela. Treći je faktor iskvaren ukus, naročito kod naprednih i obrazovanijih naroda, koji izbacuju stare navike i nadomještaju ih novima, koje tek polovično razumiju. Do bolesti i gladovanja dolazi također zbog iscrpenosti stare zemlje i pomanjkanja nove, kao na pr. u Kini, zatim zbog poremećenja svjetske trgovine, te tako izazvane nestašicom glavne hrane kao na pr. u Evropi poslije Drugog svjetskog rata. Konačno i zbog toga, što moderna tehnologija stavlja u promet nove namirnice, koje su lijepo i ukusno opremljene, ali često sa prehrambenog gledišta bezvrijedne, kao na pr. u Sjedinjenim Državama.

Tim glavnim uzrocima loše prehrane u svijetu možemo dodati još dva, koja su od manjeg značenja. Prvi je siromaštvo. Čak i u naprednim Sjedinjenim Državama ima mnogo obitelji, možda nekoliko milijuna, čiji su prihodi tako mali, da ne mogu nabaviti podesne i dovoljne količine svih hranjivih sastojaka. Njima se mogu pribrojiti i bezbrojni milijuni onih, koji se zbog neznanja ne hrane najboljom hranom. I jedni

i drugi ne koriste hranu potrebnu za održavanje zdravlja, kojom obiluje Amerika. Drugi je starost, koja donosi ne samo siromaštvo, već je i u blagostanju popraćena tvrdoglavim ostajanjem kod ličnog ukusa i predrasuda bez obzira na liječnički savjet. Poboljšanje ljudske prehrane stvarno je velik i težak problem, jer se treba boriti protiv neznanja i siromaštva. To međutim ne znači, da je nauka o prehrani potpuna i savršena. U ranijim smo poglavljima često govorili o velikim nedostacima današnje nauke. Ali sasvim sigurno možemo reći, da bi loša prehrana bila vrlo rijetka, kad bi se svijet općenito služio onim, što nauka o prehrani propovijeda.

SADAŠNJA NASTOJANJA

Isključimo li nekoliko besmislenih krajnosti, prehrana se u Americi znatno popravila za posljednjih 40 godina. Tome je bez sumnje pridonio napredak nauke o prehrani i bolji

Tabela 8

Prosječna dnevna nabava hranjivih sastojaka po osobi

Hranjivi sastojak	Jedinica mjere	1909	1948
Kalorije	----------	3480	3240
Proteini	grami	101	96
Masti	grami	125	141
Ugljikohidrati	grami	488	404
Kalcij	miligrami	850	1040
Željezo	miligrami	15	17
Vitamin A	Internacionalne jedinice	7600	8700
Tiamin	miligrami	1,78	2,05
Riboflavin	miligrami	1,88	2,35
Niacin	miligrami	17,8	19,5
Askorbinska kiselina	miligrami	105	123

odgoj. Tabele 8 i 9 uzete su iz Biltena br. 691 Ministarstva poljoprivrede SAD, i pokazuju znatne promjene, koje su nastale u prehrani, o čemu je vrijedno nešto reći.

Dok je količina kupljene hrane, u funtama, godišnje po osobi nešto porasla između godine 1909. i 1948. — od 1.572 na 1.581 funtu, broj je kalorija pao za oko 7%, i to od 3.400 na 3.240. U tom se, izgleda, djelomično odrazuje smanjena upotreba ljudskih mišića kod rada na farmi ili u tvornici, povećanjem mehanizacije. Teški je rad prije 50 godina zahtijevao 4—6 hiljada kalorija. Danas, međutim, malo ljudi radi tako teško. U tome se također odrazuje i poboljšanje kućnog grijanja, i seoba s usamljenih farma u bolje grijana naselja. To je sniženje postignuto za oko 20% smanjenom potrošnjom ugljikohidrata, što se donekle nadomještava povećanom potrošnjom masti.

Tabela 9

Prosječna godišnja kupovina obične hrane po osobi (u funtama)

Hrana	1909	1948
Mliječni proizvodi izuzev maslaca	388	431
Jaja	35	47
Meso perad ribe	161	158
Mast, ulja, maslac	59	65
Grah, grašak, orasi i proizvodi soje	11	16
Krumpir i čičoka	204	115
Citrus plodovi i rajčice	44	105
Zeleno i žuto povrće	76	114
Ostalo povrće i voće	209	234
Žitni proizvodi	291	171
Šećer i sirupi izuzev prerađeno voće	84	106
Kava, čaj i kakao	10	19
Ukupna težina trgovine na malo	1572	1581

Moramo međutim naglasiti, da su u tabeli 9 navedene količine kupljene hrane, ali ne i pojedene. Velik dio kupljene hrane svršava u kutiji za otpatke. To naročito vrijedi za masti. U Drugom svjetskom ratu u američkoj su vojsci izvršeni pokusi, koji su pokazali, da prosječni čovjek dnevno baca više od unce masti, a to je godišnje 23 funte, t. j. više od 1/3 ukupne potrošnje. Godišnje povećanje potrošnje masti od 59 funti na 65 ne predstavlja dakle svu povećanu potrošnju. Potrošnja je žitarica nešto smanjena, i to od 291 na 171 funtu, t. j. oko 40%. Potrošak se krumpira smanjio za nešto više od 40%, t. j. od 204 na 115 funta.

Krumpir i žito bili su dugo glavni dio ljudske prehrane. I jedno se i drugo može danomice jesti, a da ih se ne zasitimo. Oboje je kalorička, dakle energetska hrana, ali sadrži i osnovne količine proteina i mikrosastojaka. Žitom primamo u vodi topive vitamine i velike količine fosfora. Krumpir se upotrebljava za sprečavanje skorbuta u vrijeme, kad nije bilo dovoljno ostalog povrća — kao na pr. za vrijeme Građanskog rata*. Žute sorte topinambura bogate su karotinom, dok ga irske sorte imaju malo ili ništa, ali omogućuju bolje korištenje vitamina A, koji dobivamo iz druge hrane. Žito i krumpir ostaju i dalje osnovna hrana širom cijelog svijeta, zbog sadržaja proteina i vitamina. Zato je obogaćivanje pekarskog kruha vitaminima postao vrijedan i najbolji način za poboljšanje prehrane u Sjedinjenim Državama. Smanjena potrošnja tih dviju energetskih namirnica ukazuje bez sumnje na manju upotrebu energije i zdravo zaziranje od debljanja.

Zdravu promjenu pokazuje i prikaz hrane, koja je postala omiljena. Iz tabele 8 vidimo, da su porasle količine svih dodatnih hranjivih sastojaka, kao što su kalcij, željezo i svi vitamini. Nadalje, iz tabele 9 vidimo, da je potrošnja mliječnih proizvoda, jaja, zelenog i žutog povrća i voća znatno porasla. Kod mesa postoji mala promjena, ali unutar te brojke znatno je porasla potrošnja purana, pilića i ribe.

Odrasli Amerikanci piju isto toliko mlijeka, kao i djeca, te se mlijeko smatra više hranom nego pićem. Čak se i u restoranima poslužuje kava sa čašom mlijeka, a ne samo kava ili samo mlijeko. Nadalje je potrošnja sira dvostruko veća, kondenziranog mlijeka četverostruko, a sladoleda se troši deset puta više.

Kao što vidimo iz tabele 9, najviše je porasla potrošnja rajčica — glavnog izvora askorbinske kiseline ili vitamina C. Potrošnja se plodova citrusa utrostručila. S druge se strane potrošak jagoda, trešanja i brusnica smanjio. Također se znat-

* Ratovi između američkih država od godine 1861. do 1865. — *Prev.*

no smanjila potrošnja jabuka, i to od 61,7 na 25,2 funte. Orasi se također više jedu uključivši orašce (kikiriki), bademe, hikorije i kokosov orah. Njihova se potrošnja znatno povećala, uglavnom zbog upotrebe u pripremanju slatkiša.

Potrošnja šećera u slatkišima, poslasticama, sirupima i pićima jako je porasla, što prilično pogoršava američku prehranu. Upotreba se šećera od trske i repe povećala od 73 funte po osobi godišnje u godini 1908. na 103,6 funte u 1922. a onda se smanjila nakon minimuma od 78 funti za vrijeme ratnih godina na 96 funti u godini 1948. Međutim, te bi brojke bile još i veće, kad bismo im pribrojili šećer, koji se upotrebljava za konzerviranje voća. K tome treba još dodati sirup od kukuruza, čija se potrošnja povisila od 4,8 na 8,2 funte, i šećer dobiven iz kukuruza, čiji se potrošak povisio od 1,1 na 4 funte. Amerika je danas najveći potrošač šećera, ali dolazi iza Australije i Novog Zelanda u potrošnji po osobi.

U prirodi je čovjekova želja za slatkim bila od velikog značenja, jer ga je privukla voću bogatu vitaminima. Danas je pak rafinacija šećera tako savršena, da se svi vitamini i minerali, koji se nalaze u repi, izgube zajedno sa melasom, te ih iskorišćuje samo stoka, koja se hrani melasom ili ostacima prerade melase u alkohol. Blistavo bijeli kristali šećera daju čovjeku najjeftiniju i najčišću hranu, ali je ta velika čistoća nepovoljna. To su čiste kalorije, koje čovjek (dijete ili žena na pr.) ne treba, ili ih može barem daleko bolje primiti iz hrane uravnotežene u pogledu proteina, vitamina i minerala.

Šećer je, dakako, savršena energetska hrana: jedemo li ga u umjerenim količinama, ne škodi. Pokusi s bijelim štakorima pokazali su, da dodatak šećera hrani nema štetan učinak, sadrži li hrana i druge hranjive sastojke u pogodnim količinama. Ali sklonost za slatkim može prijeći i u krajnost, što kod nekih ljudi dovodi do debljanja, jer se samo dio šećera spaljuje za dobivanje tjelesne energije, a sav se ostali dio pretvara u mast i odlaže u masnom tkivu. U mnogim slučajevima, a naročito kod djece, ne mora doći do debljanja, ali zasićivanje šećerom znači izostavljanje druge hrane, te može

dovesti do pomanjkanja proteina i vitamina. Još je gori slučaj kod obitelji, koje imaju ograničene prihode, a kupuju šećerne štapiće, slatka pića i druge poslastice, koje naoko izgledaju jeftine, ali su zapravo vrlo skupe, jer je cijena jedne unce šećera u tom obliku često puta veća od cijene čitave funte čistog šećera. Amerikanci troše godišnje oko milijardu dolara za slatka pića, koje bi mogli pametnije potrošiti za mlijeko, povrće, jaja, meso i žitarice. Gdje dohodak ne podnosi oboje, dolazi do loše prehrane, a gdje podnosi, dolazi do debljanja.

U jednom je pogledu šećer zaista štetan: stvara sklonost za kvarenje zubâ. Nemamo konačnih dokaza, da li je šećer direktni uzrok slabih zubâ, ali su mnoge studije na ljudima i životinjama pokazale, da to može biti. To se naročito događa kod djece, koja nisu naučila na zubnu čistoću. Tako se milijunima dolara, koji se upropaste na šećeru, mogu dodati i veliki troškovi liječenja zubâ i drugih bolesti. Zato nas ne čudi, što stručnjaci za prehranu imaju svoje poglede i što će nastojati, da se ograniči suvišna potrošnja šećera u Sjedinjenim Državama. Također će pokušati da spriječe slične poremećaje u prehrani i stručnjaci za prehranu kod drugih naroda, kada se oni izdignu iz siromaštva u blagostanje. Za posljednjih 40 godina podvostručila se potrošnja kave po osobi. To povećanje potrošnje vjerojatno nije štetno, jer je kava samo blago stimulirajuće piće sa malom hranjivom vrijednosti. Pokusi na životinjama pokazali su, da uživanje kave nema nepovoljne učinke. U nizu pokusa, tri sukcesivne generacije bijelih štakora pile su kavu kao jedinu tekućinu u svojoj hrani. Nisu uopće pili vodu. Nisu se pokazali znakovi povreda. Kava, čini se, ne djeluje diuretično na štakore, jer su je pili približno isto toliko, koliko i vode. Neke osobe su osjetljive prema kavi, te je ne podnose. No ne znamo je li to zbog njenih masnih sastojaka ili zbog učinka na mozak. Drugi je opet naročito vole zbog njene nervne stimulacije, čemu stručnjaci za prehranu ne mogu prigovoriti. Isto vrijedi i za kola-pića, koja sadrže više kofeina nego kava. Korisnost

ili štetnost takvih stimulansa i njihova uobičajena upotreba predstavlja medicinsko-liječnički problem.

U mnogim se raspravljanjima o prehrani zanemaruje uloga alkoholnih pića kao izvora kalorija i drugih hranjivih sastojaka. Prema jednoj procjeni iz godine 1940., koja se temelji na količini viskija, rakije i piva proizvedenih u SAD, vidi se, da ta pića daju oko 3% kalorija dnevno po osobi. Oko četvrtine tih kalorija dobiva se iz jakih likera, a tri četvrtine iz blažih pića kao piva i ele (vrsta engleskog piva). Ta je procjena nepotpuna, jer se ne uzima u obzir vino i alkohol prerađen u razna pića, kao ni uvozna pića.

U godini 1948. godišnja je potrošnja po osobi iznosila 1,1 galona* destiliranog spirita, 18,2 galona slatkih opojnih pića i piva i 0,8 galona vina. To iznosi prosječno 120 kalorija na dan po osobi ili oko 4% ukupnih hranjivih kalorija. U taj su prosjek uključene i žene i djeca, te oni, koji ne piju. Prosjek je, prema tome, mnogo veći za one, koji piju alkoholna pića, te predstavlja znatnu stavku u izdacima za prehranu ili, bolje reći, lošu prehranu.

Sam alkohol ima stanovitu hranidbenu vrijednost, i to oko 7 kalorija po gramu. U krvnom se toku brzo apsorbira i pretvara u kalorije, iako vrlo skupe. Međutim, alkohol depresivno djeluje na mozak. Postepeno otupljuje osjetila, smanjuje kontrolu mišića, te konačno dovodi do spavanja i kome. Alkohol nije stimulans, kako se to općenito pogrešno shvaća. Kod nerazumnih i notornih pijanica iskorištavanje alkoholnih pića obična je navika. No, to su sve problemi za liječnika, psihologa i psihijatra, te ne spadaju u područje stručnjaka za prehranu.

Ta su pića, međutim, služila kao pravi hranjivi sastojak čovjeku kroz mnogo stoljeća. Davno prije nego što je Pasteur dokazao, da zaraze prouzrokuju žive bakterije, bila je obična nekuhana i netretirana voda prenosilac nesretnih epidemija. U to je vrijeme vino služilo kao blago i zdravo piće. Oni, koji su ga pili, nisu znali, da vino ubija bakterije. Glavna

* 1 galon = 3,78 l.

hranjiva vrijednost fermentiranih pića nisu samo ugljikohidrati, nego i znatne količine u vodi topivih vitamina, koji potječu od kvasaca upotrebljenih u fermentaciji. Destiliranjem fermentiranog pića i voća, kao na pr. kod pripremanja jakih opojnih pića, gubi se vrijednost ugljikohidrata i vitamina, dok se umnogostručuje samo alkohol.

Nadalje vidimo iz tabele 8, da se za posljednjih četrdeset godina povećala potrošnja vitamina i minerala. Naročito je zanimljivo usporediti te brojke s dnevnim količinama, koje preporučuje Ured za hranu i prehranu nacionalnog savjeta za istraživanje (Food and Nutrition Board of the National Research Council, Tabela 5, poglavlje 5). U tabeli 10 uspore-

Tabela 10

Dnevna potrošnja vitamina i minerala — stvarna i ona koja se preporučuje

	Koja se preporučuje	Stvarna	
		1909	1948
Kalcij	1000 mg	850 mg	1040 mg
Željezo	12 mg	15 mg	17 mg
Vitamin A	5000 I. J.*	7600 I. J.	8700 I. J.
Tiamin	1,5 mg	1,78 mg	2,05 mg
Riboflavin	1,8 mg	1,88 mg	2,35 mg
Niacin	15 mg	17,8 mg	19,5 mg
Askorbinska kiselina	75 mg	105 mg	123 mg

* Internacionalna Jedinica

đene su te vrijednosti, a zasnivaju se na hrani umjereno zaposlenog muškarca ili vrlo zaposlene žene, koji na dan primaju 3.000 kalorija.

Tih zaštitnih hranjivih sastojaka ne primamo samo danas znatno više, nego što se preporučuje, već smo ih primali u suvišku i godine 1909., izuzev kalcij, dakle prije nego što su bili otkriveni prvi vitamini i prije nego što je nastala riječ

vitamin. Većom potrošnjom mliječnih produkata primamo danas i kalcij u dovoljnim količinama.

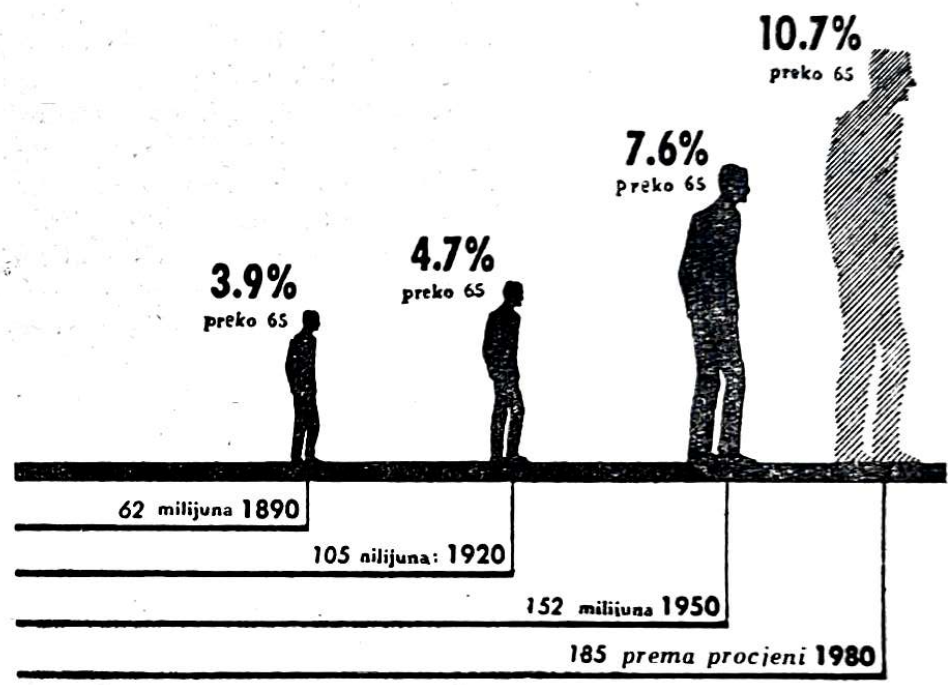
Iz tih poređenja moglo bi se zaključiti, da je sve naše znanje i učenje o vitaminima malo koristilo; no, to bi bio pogrešan zaključak. Istina je, da je opća prehrana Amerikanaca bila u godini 1908. dobra, čak i s obzirom na hranidbene faktore, koji izgrađuju encime, i da su ih Amerikanci za vrijeme prošlih desetljeća primali u velikim količinama. Ali se ne može poreći ni to, da su hipovitaminoze bile tih godina česte u širokim dijelovima pučanstva — i da su još uvijek. Takvi se slučajevi prikrivaju prosječnim brojevima, a čak ni ti prosječni brojevi nisu bili na odgovarajućoj visini. Poboljšanje prosjeka za posljednjih 40 godina, znači, da je prehrana velikog broja Amerikanaca nešto bolja, ali još uvijek ostaju milijuni onih, koji ne koriste modernu nauku, i koji se ne prehranjuju pravilno. Iako ne trebamo popravljati prosječnu prehranu, ipak moramo posvetiti više pažnje siromašnima i neprosvijećenima. Doista, sa tog gledišta jako nas uznemiruje to malo poboljšanje, prikazano u tabeli 8 i 9.

STAROST

Jedna od najvažnijih grupa, čiju prehranu treba poboljšati, jest jedanaest milijuna osoba starih oko 65 godina. Kako je medicini uspjelo da produži život, to ova grupa brzo raste, te se u godini 1980. očekuje broj od oko 20 milijuna takvih. Među njima će biti veliki broj onih, koji su sada mladi i zdravi i očito dobro hranjeni, kao na pr. čitaoci ove knjige. Dosadašnje učenje o prehrani bilo je posvećeno djeci, i sigurno im je pomoglo da dobro odrastu. Došlo je vrijeme, da se posveti nešto pažnje i starijoj dobi, ne samo da se olakša teret starijima, već da to predočimo odraslima, koji su sada još uvijek mladi. Čuvanje zdravlja u starijoj dobi, djelomično pametnom prehranom, smanjit će financijske izdatke zemlje i osposobiti starije da se sami uzdržavaju. Samo u državi New York ima 30.000 onih, koji su u duševnim bol-

nicama. Na hiljade ih se nalazi u staračkim domovima, ili životare u normalnim obiteljima sa mlađim srodnicima. U gradskim prilikama stari su postali veliki socijalni i financijski problem — problem, koji će biti sve ozbiljniji.

Mnogi faktori otežavaju zdravu prehranu starih ljudi, osobito u modernim uvjetima. Prihod većine veoma je nizak.



Postotak starih ljudi kod stanovništva Amerike raste mnogo brže nego ukupno pučanstvo.

Više od 2 milijuna prima potporu od prosječno 42 dolara na mjesec. Pokriju li time sve troškove života, ostaje im za kupovanje hrane premalena svota. Zato moraju brižljivo birati hranu, koju će kupiti. Mnogi od njih zbog slabih zubâ ne mogu žvakati hranu, kao što je meso, iako bi im to prihodi dopustili. Pokvareni zubi znatno ograničuju uživanje raznolike hrane. Inflacija i visoke cijene hrane doprinose sve lošijoj prehrani staraca s malim stalnim prihodima, koji sebi

sami ne mogu uzgajati potrebnu hranu. Zbog poskupljenja i porasta tako važnih izdataka, kao što je liječnička njega, stanovanje i oblačenje, ostaje im premalo za hranu. Tako tisuće siromašnih staraca žive u zabačenim spavaćim sobama s ograničenim mogućnostima kuhanja. Nadalje, kako ne trebaju pripremati hranu za obitelj, nemaju ni mnogo interesa za kuhanje. Zato kupuju gotovu hranu, a kod onih s niskim prihodima, to je većinom pečena roba. Jedno rješenje tog problema jest kupovanje pečenih produkata, koji su bogati mlijekom i vitaminima, a kupca treba odgojiti, da čitanjem etiketa na hrani, koju kupuje, odredi njen sastav. Starci, čini se, nisu skloni slatkišima. Zato nisu ni pri izboru hrane tako iskvareni kao mladi. Usprkos tome mnogi stari ljudi, imaju li za to sredstva, jedu suvišne količine ugljikohidrata i masti. To je stvarna opasnost kod onih, koji imaju dovoljne prihode. Kada se životne aktivnosti smanje, stari prijatelji nestaju, a fizički napori postaju neugodni, jelo je jedno od rijetkih zadovoljstava, koje je preostalo. Energija u hrani, međutim, nije im potrebna. Neminovna je posljedica toga povećanje težine, a to opterećuje srce i arterije. Čak i zdravi i imućni imaju zbog toga poteškoće.

Druga je poteškoća u tome, što se navike prehrane iz djetinjstva zadržavaju i u starosti. Izvrsnu hranu, na koju su se navikli u srednjim godinama, napuštaju, te se pod raznim izgovorima hrane »po starom« priređenom hranom.

Po svaku cijenu jedu usoljenu govedinu i kupus. Zatvorena stolica navodi se kao razlog, da se izostavi mlijeko i sir. Piju malo vode, jer »štede« bubrege. Salatu i pojedino povrće ne jedu, kako bi izbjegli crijevne plinove. A ponekad te smetnje prouzrokuju psihološki faktori, koji se često mogu popraviti, imaju li stare osobe drugih zanimanja, osim brige za održanje života. Za starce su blagodat naročite bolnice i boravišta, gdje ih raspoložena društvena sredina razvedrava, što se odrazuje i u zdravom apetitu za raznom hranom.

Mnogi ljudi u manje napučenim mjestima mogli bi riješiti prehrambeni problem vlastitom proizvodnjom hrane, kao na pr. vrtnih proizvoda, voća, jaja i mlijeka. Time bi im bila

osigurana ne samo bolja prehrana, već bi to bilo i ugodno zanimanje u godinama dokolice. I ostali, koji su već stariji, trebali bi stalno biti na oprezu pred opasnošću senilne nesposobnosti i predrasuda, i trebali bi se brinuti za visoko kvalitetnu hranu. Moraju li se navike u prehrani mijenjati, onda lako asimilirajuća hrana, kao što je mlijeko, mora zamijeniti meso.

Punomasno mlijeko gotovo je potpuna hrana za malu djecu i omladinu, dok je obrano mlijeko bez masti pogodno za one, koji su ostarjeli. Mlijeko ima malo neprobavljivih tvari, i ne treba se žvakati, ako su zubi pokvareni. Za one, koji imaju male prihode, dobro je, što je obrano suho mlijeko jeftino. Obrađeno i kiselo obrano mlijeko općenito se prodaje kao »butter milk«. Mnogo se suhe sirutke i butter milka upotrebljava za ishranu životinja, ali bi se moglo spasiti i za ljudsku prehranu. Neki stari ljudi sami priređuju sebi kiselo mlijeko, iscjedivši sok jednog ili dva limuna na svaki kvart (0,94 l) mlijeka. Mlijeko se na hiljade načina prerađuje kao piće.

POBOLJŠANJE PREHRANE U AMERICI

Sa gledišta nacije, ne uzevši u obzir neke ograničene grupe, ni momentanu svjetsku situaciju, potrebno je popraviti prehranu Amerikanaca usprkos priličnom napretku u današnjem prosjeku. Čak i kod naprednih naroda, a možda naročito kod njih, posvećuje se tome velika pažnja, jer se svaki obrok mora brižljivo birati, povezivanjem znanja i ukusa. Pomodni hirovi u prehrani, koji stalno poplavljuju našu zemlju, karakteristični su i u štampi, te se o njima pišu knjige, koje se najradije kupuju. Tako je bilo kroz desetljeća. Ne možemo govoriti o modi, koja je vladala, dok je ova knjiga bila pisana, jer će ona izbljedjeti i biti zaboravljena, dok knjiga izađe iz štampe. Neki su pomodni hirovi bili apsurdni, kao što je na pr. uživanje ribe kao hrane za mozak, ili zabranjivanje uzimanja vode za vrijeme obroka, ili obrnuto, među

obrocima. Posljednjih godina postalo je popularno mršavljenje ili u najmanju ruku nastojanje, da se ne deblja. Često je to povoljno, ne ide li se u drugu krajnost — do oslabljenja zbog pomanjkanja pogonskih tvari za potrebe tijela. Kod imućne grupe u Americi preveliko je uzimanje hrane nesumnjivo prvi oblik loše prehrane, i dobro je, što je to opće priznato.

Iz ranijih poglavlja ove knjige vidjeli smo, da se kod bilo kojeg obroka ne može primiti ni unca težine, a da ta nije ušla kroz usta. I obratno, svaka unca hrane, koja prođe kroz usta i crijevnu stijenku, upotrijebi se bilo za rast, bilo za dobivanje težine. Ostaje nam dakle samo treće — jesti nehranjivu balastnu hranu, koja se ne može ni probaviti ni apsorbirati i koja tako prolazi neupotrebljena kroz probavni trakt. Takvom hranom, koja zapravo i nije hrana, možemo se samo napuniti, ali ostajemo i dalje gladni.

S druge strane, možemo izbjeći suvišno jedenje jakom voljom i znanjem, da je većini ljudi dnevno dovoljno 2.500—3.000 kalorija i da je to nekima čak i previše, te da jedna unca masti ili 2 unce proteina ili ugljikohidrata daju 250 kalorija. Zato je na dan dovoljno 20 do 22 unce proteina ili ugljikohidrata, od 1¼ do 1½ libre, od čega moramo odbiti 2 unce na svaku uncu* masti. To se međutim odnosi na suhu tvar, ne uzimajući u obzir 50—90% vode, koju sadrže mnoge poznate namirnice, kao što mlijeko, kruh i povrće.

Prekomjerno je uzimanje hrane često oblik oporavka ili psihološkog bježanja od dnevnih teškoća ili nesvijesna navika. Suviše debeloj osobi možemo stalno spominjati, da joj se time život skraćuje. Možemo je stalno upozoravati na moguće poremećaje srca i arterija. Možemo joj govoriti, da svako slaganje suvišne masti u tijelu dovodi do štetnih posljedica. Većinom im se to govori uzalud, kao i djeci, koja jedu slatkiše. Kratko vrijeme poste, a onda opet suviše jedu. Obično ne govore istinu o količinama hrane, koju pojedu. U časovima kajanja oni se čak upišu u instituciju za mršavljenje, da opet izađu iz njih i ponovno se debljaju.

* 1 unca 28,4 gr. — 1 libra 454 gr.

Pokusi na životinjama potvrdili su liječnička opažanja o štetnosti debljine. Pokusni će bijeli štakor, kojeg možemo promatrati kroz čitav njegov život, dulje živjeti, silimo li ga, da ostane mršav uz hranu sa malo kalorija, ali bogatom drugim osnovnim sastojcima. Njihov se život na taj način može produljiti za godinu dana, što bi kod ljudi odgovaralo produljenju života od 35 godina. To je produljenje znatnije, držimo li životinje mršave već od sisanja. Međutim, to je korisno čak i onda, kada se započne od sredine života, pošto je životinja već bila odebljala. Slični su rezultati dobiveni i kod nekih vrsta insekata, a i kod potočne pastrve i plosnate gliste, čiji se život produljio kroz mnogo normalnih generacija opetovanim periodima gladovanja.

Za konačni je rezultat svejedno, koju ćemo metodu mršavljenja upotrijebiti. Počnemo li životinje od sredine života prisiljavati, da dnevno trče u bačvi koja se okreće, živjet će dulje. Do istog ćemo rezultata doći, ograničimo li im svaki dan hranu. Sprečavanje debljine, prema tome, važan je faktor. Uzrok je duljem životu mršave životinje vjerojatno polaganiji razvitak degenerativnih bolesti. Čak se i rak pojavljuje kasnije kod bijelih štakora, koje smo hranili hranom bogatom esencijelnim sastojcima, ali ne i kalorijama. Te životinje također rjeđe obole od raka. Nakon dugog života obično iznenada uginu od bolesti pluća.

Razmatranjem tih rezultata s pokusnim životinjama moramo shvatiti, da suvremena prehrana sa relativno niskim primanjima kalorija, ali dovoljnim količinama esencijelnih minerala i vitamina, ne će znatno produljiti ljudski život možda za oko 20 do 30 godina. Za sada još ne raspolažemo pouzdanim podacima, jer se ti moderni standardi prehrane ne primjenjuju dovoljno dugo vremena. Kad god je u prošlosti glad izazvala slabu prehranu, snizilo se i primanje visoko kvalitetnih proteina, vitamina, kao i kalorija. Značajno je međutim, da se visoki krvni pritisak i cir na crijevu mnogo rjeđe pojavljuje kod neishranjenih starih Kineza nego kod dobro hranjenih starih Amerikanaca. Čini se, da je bolje jesti manje nego previše, iako za to nemamo dokaza. Slično je pitanje,

da li tipično bucmasto i živalno, ako ne i previše hranjeno američko dijete dobiva najbolji početak za život, za koji su njegovi roditelji toliko zabrinuti. Potpuno je moguće, da polaganiji rast bolje zaštićuje i odgađa bolesti starosti. Nismo načistu, što je važnije: da li otpremiti dijete u život encimski savršeno opremljeno dobrim hranjenjem pogodnim vitaminima i mineralima, ili da se dijete razvija po normalnim propisima rasta, ili da ih čak premašuje. Ta pitanja, iskrsla prilikom pokusa s mršavim štakorima, predmet su budućih prehrambenih istraživanja.

Jedna od poteškoća, ako ne i glavna, kod ograničene prehrane, jest ta, što moramo uzimati u približno istim količinama sve esencijelne tvari, bez obzira da li netko teško radi i troši 5.000 kalorija, ili radi malo i troši samo 2.000 kalorija. Potrebe u proteinima, kalciju, vitaminu A i mnogim drugim faktorima iste su, bez obzira na količinu rada, dok se opet potrebna količina nekih drugih esencijelnih tvari, kao na pr. tiamina, mijenja s količinom primljenih kalorija, odnosno masti i ugljikohidrata, dok potrebna količina ostalih esencijelnih tvari ovisi samo o veličini tijela. Zato, smanji li se primanje kalorija, postaje kvalitet hrane važniji. U suvremenoj su prehrani količine esencijelnih hranjivih sastojaka veće nego u obilnoj hrani prošlosti.

To su već davno uvidjeli ne samo stručnjaci za prehranu, već i prehrambena industrija. Unatrag 25 godina velike pekarske kompanije troše mnogo vremena i novaca, da bi proizvele kruh, koji bi bio gotovo potpuna hrana. Taj pothvat nije potpuno uspio, uglavnom zbog toga što potrošači nisu imali dovoljno razumijevanja za sastav, već su prosuđivali kruh uglavnom po okusu. U novije se vrijeme kruh obogaćen vitaminima ne prodaje mnogo, usprkos njegovoj velikoj vrijednosti u poređenju s jeftinijim običnim kruhom. Tek je akcijom vlade za vrijeme rata, odnosno državnim zakonodavstvom, koje je zapravo forsiralo obogaćeni kruh, uz odobrenje i suradnju pekara, taj kruh općenito prihvaćen.

Kao rezultat tih skupih pokusa, mnogi su prerađivači hrane postali pesimistični prema pokušajima poboljšanja hranjive

vrijednosti svojih produkata. S druge strane, profesionalni stručnjaci za prehranu i dijetetičari nisu opet učinili sve, da uvedu produkte visoke prehrambene vrijednosti u opću upotrebu. Poboljšanje hranjive vrijednosti mnoge prerađene hrane također je usporeno zbog lova za zaradom, koji je vrlo raširen u Americi. Smatra se, da je lakše prodavati paketirane prehrambene proizvode, na kojima ne piše sastav, nego robu, na kojoj je pošteno navedena hranjiva vrijednost.

Danas još općenito vlada nepoznavanje bitnih prehrambenih vrijednosti, a to se može suzbiti samo odgojem. Amerikanci troše svoj novac slobodno i po svojoj volji. Kod ograničenih prihoda lakše je pregorjeti skuplju hranu, kao što je meso, jaja, mlijeko, voće i povrće, i živjeti na jeftinijoj škrobnoj i šećernoj hrani, te slatkim pićima, kako bi se novac trošio na odmore, automobile, televiziju, a da ne govorimo o cigaretama i likerima.

Daljnje su prepreke prihvaćanju modernih principa prehrane — navike stečene tokom života, kojih se uporno drže. Njih je vjerojatno teže mijenjati nego druge navike. Amerika je primila od evropskih doseljenika nerazumnu naklonost za bijelom i svijetlo obojenom hranom. U Evropi su seljaci jeli crni kruh i upotrebljavali slabo očišćeno sivo brašno i smeđi šećer, dok su bogati aristokrati jeli bijeli kruh, bijele kolače i bijeli šećer. Stigavši u ovu zemlju, doseljenici su našli bijelo brašno, koje je bilo svima pristupačno, i smatrali su to kao znak poboljšanog socijalnog stanja. Tako milijuni Amerikanaca još dalje više traže bijeli nego tamni kruh, bistro pivo, pročišćeno od svakog taloga, koji je zapravo vitaminom bogati kvasac, pa čak i bijela jaja odnosno bijele ljuske, koje i onako ne jedu. Čak i riža mora biti polirana i blistavo bijela, iako takva ima daleko manju hranjivu vrijednost od smeđe riže. Takva nerazumna uvjerenja ne oštećuju imućne, koji mogu uravnotežiti svoju prehranu drugom hranom, ali su kobna, ako upravljaju osnovnom prehranom. Srećom, danas je bijeli kruh dobra hrana, jer ga obogaćujemo tiaminom, niacinom, riboflavinom i željezom, kako propisuju zakoni mnogih saveznih država.

Najveći doprinos dobroj prehrani u Americi bio bi stalan i opći odgoj u prehrani, koji bi trebao isto tako snažno djelovati, kao moderna reklama širom zemlje.

MINERALNI ELEMENTI

Kao što smo naveli u drugom poglavlju, mineralni ili anorganski elementi isto su tako važni za dobru prehranu, kao i vitamini. U raspravama o prehrani obično se ne ističu toliko, jer ih normalno primamo s hranom u dovoljnim količinama, Želimo li međutim poboljšati prehranu, moramo znati nešto više o njihovoj ulozi.

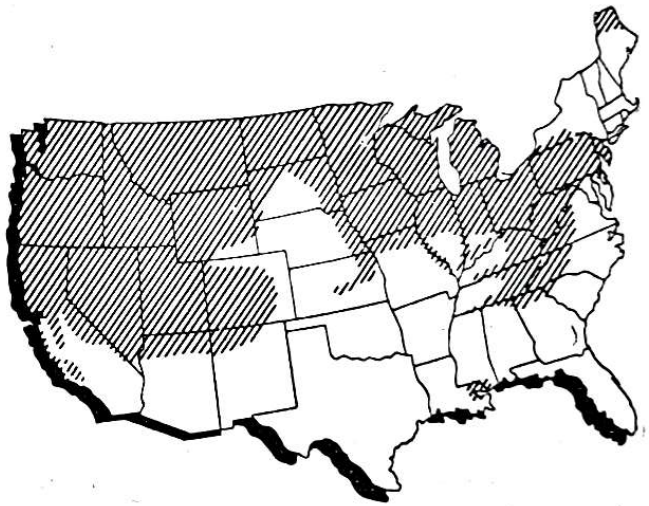
Među njima je najvažnija sol — natrijev klorid. U Americi je ima dosta, i vrlo je jeftina, a njezina se odsutnost u hrani odmah pozna po bljutavu i neslanu okusu. U velikim predjelima Kansasa, Michigana i New Yorka, nalaze se ogromne naslage soli, koje se vrlo lako čiste za stolnu upotrebu. U nekim je drugim dijelovima sol međutim rijetka i vrlo skupa. Mnogo se soli gubi znojenjem, tako da se za vrijeme vrućine ili za rada u industrijama kod visokih temperatura moraju uzimati s pitkom vodom i solne tablete.

Većinu drugih anorganskih elemenata primamo u dovoljnim količinama hranom, u kojoj oni dolaze. Jod je potreban u malim količinama štitnoj žlijezdi, a njegovo pomanjkanje prouzrokuje i proširenje žlijezde, poznato kao guša. U krajevima, gdje se morska hrana rijetko jede, a usto se troši voda, koja dolazi iz planinskih tokova i unutarnjih jezera, koja nije imala prilike da primi jod iz zemlje, može doći do pomanjkanja joda. To se dakle mora nadoknaditi jodiranjem soli, a to je obična stolna sol, kojoj se dodaju male količine kalijeva jodida. To nije korisno samo za ljude, nego i za pse, svinje, telad, i ždrebad, za sve koji trebaju jod.

U novije se vrijeme nastoji, da se zakonom sva stolna sol malo jodira. Dok je većina liječnika sklona toj akciji, neki se tome protive, obrazlažući to time, što ima ljudi, koji su osjetljivi i na male količine joda. Drugi su se opet protivili, jer u hrani, pa čak i u pitkoj vodi stanovitih krajeva, kao što je

to obala Južne Karoline, ima dosta joda. Vjerojatno bi mnogima to koristilo, uključivši i pacijente državnih bolnica, dok bi neki patili zbog prisilnog dodatka kalijeva jodida u kuhinjsku sol. U nekim krajevima hrane jodiranim proteinima krave, da bi potakli izlučivanje mlijeka. Kad bi se ta praksa raširila, jod bi dolazio u mlijeko i u zemlju putem gnojenja.

Fluor je drugi anorganski elemenat, koji se počeo u nekim gradovima dodavati vodi u razređenju 1 : milijun kao sredstvo protiv kvarenja zubâ. Dobri rezultati postignuti kroz ne-



U većini krajeva Sjedinjenih Država (crtkano) sadržaj joda u hrani i piću tako je nizak, da se može razviti guša. Zbog toga se često dodaje jod kuhinjskoj soli.

koliko godina ohrabrili su nas, ali će trebati još nekoliko godina, da se korisnost toga iskuša i u drugim gradovima. Budući da fluor može i u manjim količinama štetiti tijelu oslabljujući kosti, to ga moramo primati vrlo oprezno. Fluor dolazi u kostima odraslih životinja u odnosu 400 naprama 1,000.000. To se odnosi i na kosti lososa, koje ljudi općenito jedu, te je fluor u tom obliku dovoljan, da zaštiti zube mladeži od kvarenja. Smatra se međutim, da je ta količina prevelika u smljevenim kostima, koje se dodaju dječjoj hrani, tako da se

u tu svrhu upotrebljavaju kosti teladi, u kojima je vrlo malo fluora, ili se upotrebljava čisti kalcijev fosfat.

Dva anorganska elementa, koja najčešće manjkaju ljudskoj hrani, jesu željezo i kalcij. Više od jednog stoljeća raspravlja se o relativnim vrijednostima organskih i anorganskih soli tih elemenata. To se pitanje pojavilo već rano u historiji prehrane, kada se ustanovilo, da je željezo u jajima i jetri mnogo korisnije za stvaranje krvi nego u obliku soli, kao što su citrati i sulfati. U nešto manjoj mjeri to se smatralo i za kalcij. No, organskim se solima tog elementa nije nikad posvećivala veća pažnja, jer su već najraniji pokusi na golubovima, svinjama i telićima pokazali, da se anorganski spojevi kao kalcijev karbonat naročito dobro iskorišćuju, sadrži li hrana dovoljno fosfora za stvaranje kostiju.

Suvremeni napredak nauke o vitaminima i elementima u tragovima, pokazao je, da vrijednost željeza u takvoj hrani, kao što je jetra, ovisi uglavnom, ako ne i potpuno, o tragovima elemenata, kao što je to bakar, i o prisutnosti vitamina bitnih za stvaranje encima. Slično na asimilaciju kalcija utječe odnos kalcija prema fosforu i koncentracija vitamina D, više nego sam sastav anorganske soli i kalcija. Doista se pokazalo, da neke spojeve kalcija u prirodnoj hrani životinjsko tijelo teže asimilira, ako hrana sadrži tvari kao na primjer fitin, koji dolazi u zobenom brašnu i u kukuruznim posijama. Tako se isto i željezo iz hemoglobina krvi teže ugrađuje u novu krv.

Kada se proširi znanje o proizvodnji i upotrebi vitamina i u najudaljenije krajeve zemlje i kada se poljoprivreda usmjeri na proizvodnju tih vitamina u prirodnoj hrani, kalcijeve i željezne soli bolje će se iskorišćivati, nego kad bismo ih kopali iz zemlje. Takve su soli jeftinije i vrlo rasprostranjene. Mljeveni vapnenac podesan je dodatak ljudskoj hrani. Isto je tako i željezni sulfat. I jedan i drugi lako se proizvode primitivnim načinom. Čak i iz željeznih čavala možemo dobiti željezne soli, ostavimo li ih da rđaju u jabukama, prije nego voće pojedemo. U mnogim predjelima zemlje, gdje se još u bliskoj budućnosti ne će proizvoditi mlijeko ili mliječni pro-

izvodi, ljudi mogu svoju hranu dobro nadopuniti prahom krede vapnenca i koralja, kako bi se opskrbili potrebnim kalcijem. Tvrda voda zbog sadržaja kalcijevih soli može također koristiti ljudima i životinjama, a povrće kuhano u takvoj vodi također apsorbira nešto kalcija i poboljšava na taj način opskrbljivanje kalcijem. U korištenju kalcija, a možda i drugih anorganskih soli, nije riješen još jedan problem. Životinje mogu u prisutnosti oksalata asimilirati samo male količine kalcija u prvim mjesecima i u zadnjoj trećini života. S druge strane, u drugoj polovini perioda rasta i u sredini života iskorišćuju kalcij i u prisutnosti oksalata. Taj se utjecaj starosti možda proširuje i na druge elemente, kao što je željezo, ali to pitanje još nije istraženo.

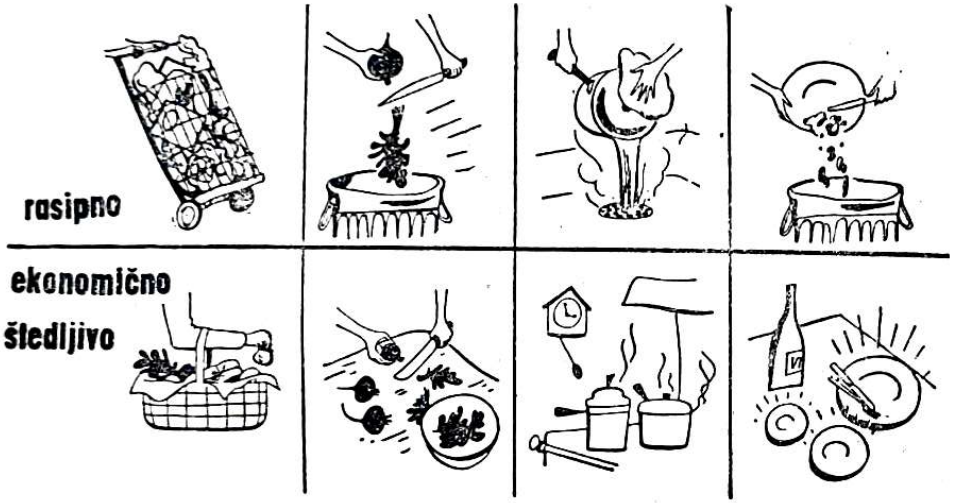
Posljednjih godina, otkako raspolažemo radioaktivnim oblicima elemenata, znamo nešto više o kretanju raznih soli kroz membrane i tkiva. Pronađeno je, da lako topivi oblici kalcija, kao što su laktati, ulaze u krv brzo, pošto smo ih pojeli, i to unutar jednog do četiri sata. Ta brzina apsorpcije u crijevima jednaka je kako za stare, tako i za mlade životinje. Radioaktivni kalcij u krvi se starih životinja može dokazati još i nakon šest dana, dok kod mladih životinja u rastu nestaje iz krvi unutar 24 sata. Laktati su vrlo pogodan oblik kalcija, te mnogi, koji ne vole mlijeko, radije primaju kalcij u obliku laktata. Te su tablete međutim voluminozne i skupe, tako da je bolje piti čisto mlijeko. Kalcijev laktat, koji se prodaje kao lijek, gotovo je isto tako skup, kao ista količina kalcija u sušenom obranom mlijeku. Tako potrošač, koji kupuje kalcij u obliku mlijeka, dobiva ostatak, kao što je to maltoza, kazein i vitamin, badava. Slično su i vitamini u hrani jeftiniji nego u pilulama.

KAKO SAČUVATI VRIJEDNOST HRANE

Jedan način na koji možemo poboljšati ljudsku prehranu — kako kvantitativno, tako i kvalitativno — a kojemu treba da posvetimo više pažnje, jest korištenje svih mogućnosti za očuvanje vrijednih sastojaka hrane od današnjeg rasipanja.

Domaći način pripremanja hrane u Americi je rasipan. Mnogo se hrane neekonomski priređuje i što je još danas najgore, najvredniji se sastojci bacaju bez opravdanih razloga.

Već smo spomenuli, kako mnogo masti u američkim kućama svršava u kutiji za otpatke. U sabirnim akcijama za vrijeme Drugoga svjetskog rata sakupljene su nevjerojatno velike



Amerikanci prilično rasipaju svoju hranu. Mnogo hrane propada preprodavanjem i kvarenjem, zatim odstranjivanjem vitamina, te konačno time, što ostane mnogo hrane nepojedene.

količine. Svrha je tih akcija bila, da se mast pretvori u glicerin za municiju, a to, dakako, nije pridonijelo boljoj prehrani. Sporedni je proizvod bio sapun. Danas su prilike obrnute. Glicerin se sada industrijski proizvodi iz petroleja i prirodnih plinova, a sapun se zamjenjuje modernim sredstvima za čišćenje, koja se uglavnom prave iz petroleja. Tim sintetskim procesima smanjena je potražnja industrije za mastima i tako povećana količina masti za prehranu. Kad se proizvodnja sintetskih materijala poveća i proširi po čitavu svijetu, prehrana će se znatno poboljšati.

Drugi je važni napredak sintetske kemijske industrije proizvodnja antioksidansa. Oni su u industriji kaučuka, na pr.,

već dugo upotrebljavaju za čuvanje kaučuka izloženog suncu i zraku. Danas već imamo podesne neotrovne antioksidanse, koji sprečavaju užižanje i drugo kvarenje masne hrane, uključivši tu i maslac. Također se upotrebljavaju i za sprečavanje kvarenja takve hrane, kao što su uštipci od brašna, koji se danas mogu uskladištavati i prevoziti na velike udaljenosti, čak i u tropske krajeve. To je jedno od najvažnijih poboljšanja, kako u prehrani, tako i u ekonomiji masti.

Još je mnogo važnije očuvati skupocjene proteine. Takav je primjer životinjska krv. Ona sadrži isto toliko proteina, kao i meso, a svaki vol daje oko 12 kg krvi. U malim klaonicama većinom se baca u kanale, i tako se onečišćuju rijeke. U većim se klaonicama krv suši i upotrebljava kao životinjsko krmivo ili u industrijske svrhe. Male se količine svinjske krvi miješaju s kašom i kuhaju, te dolaze na tržište u obliku krvavica, koje nisu omiljene kod većine domaćih Amerikanaca, ali ih vole mnogi stranci. U nekim se krajevima, kao u Švedskoj, krv peče zajedno s kruhom. U drugim se pak krajevima miješa s mlijekom i upotrebljava kao piće.

Svako meso sadrži nešto krvi. Neki narodi vole nedopečeno meso i nemaju predrasuda prema crvenoj boji hemoglobina u hrani. Ortodoksni Židovi, međutim, radije peru krv s mesa i tako gube u vodi topive proteine, a i vitamine. Krv je bila vrlo cijenjena kao ljudska hrana za vrijeme oba rata. Svi nam podaci govore, da je krv dobra hrana, ako je ne jedemo previše. Za stvaranje nove krvi kod anemičnih životinja, probavljeni proteini krvi manje su vrijedni od proteina mesa.

U manjoj se mjeri rasipaju i proteini kostiju, iako kosti sadrže samo 15 do 20% proteina. Proteini kostiju vrlo su neuravnoteženi. Nekih aminokiselina imaju previše, dok im nedostaju metionin i neke druge. Proteini kostiju rijetko služe kao ljudska hrana, osim u nekim proizvodima, kao što su ukiseljene svinjske noge, kojima se dobiva i nešto kalcija, otopljena s kostiju pomoću octene kiseline. Ne treba mnogo oštroumnosti za takvo pripremanje kostiju pomoću octa ili koje druge kiseline. Tako bi se mogli iskoristiti proteini, fosfor i kalcij kostiju.

Kokosov orah izvor je proteina i masti, koji se mnogo iskorišćuju u tropskim krajevima, naročito u Indiji i pacifičkim krajevima. Njegova se potrošnja može i povećati. Suho meso kokosova oraha (koje se naziva »kopra«) sadrži 50 do 60% masti. Kad se sadržaj masti snizi na oko 7% kod prerade kokosovog brašna od kopre, sadržaj je proteina u tom brašnu oko 21%. Taj protein sadrži gotovo sve esencijelne aminokiseline, te je bolji od proteina većine žitarica, a manje je vrijedan od sojina proteina. Globulin proteina kokosova oraha vrlo je bogat na glutaminskoj kiselini i argininu. Pepeo je kokosova mesa sastavljen većinom od kalija i natrija i 2—4% kalcija. Pepeo također sadrži znatne količine klorida, vjerojatno zbog blizine morske vode. Kokosu se premalo posvetilo pažnje s obzirom na svjetsku potražnju hrane. Pored toga što mnogi narodi prerađuju kokos u hranu na svoj način, on bi se mogao sjajno upotrijebiti preradom pomoću moderne prehrambene tehnologije, te bi se na taj način povećala njegova upotreba u krajevima, gdje postoji nestašica hrane. Kad bi se više kokosa trošilo kao hrana u krajevima gdje raste, sigurno se ne bi izvozio u SAD, gdje iz njega istiskuju mast, a ostatkom hrane domaće životinje.

Drugi primjer za poboljšanje izvora hrane jest metoda, koja se primjenjuje na Javi u pripremanju »tente«. »Tenta« se obično pravi od soje ili kokosova brašna. Oprana i kuhana soja cijepi se stanovitim gljivicama. Brašno ostaje u tankim slojevima između bananina lišća 1 do 2 dana, te na taj način nastaju sive pogače, koje su vrlo probavljive i obogaćene vitaminima. Ta je metoda stoljećima poznata kod primitivnih naroda na Javi, ali je nepoznata na Pacifičkim otocima i u Sjedinjenim Državama.

Zbog pomanjkanja ravnoteže među aminokiselinama dolazi do daljih velikih gubitaka proteina. Iako je svako brašno uravnoteženo, ipak veći dio ne služi za izgradnju tijela, nego se troši kao energija. Hranu, koja nema dovoljno jedne ili više aminokiselina, moramo upotpuniti, kako bismo nadoknadili taj nedostatak. Naročito moramo nadopunjavati žitarice. Tako rižu dobro upotpunjuju sušeni riblji kolači, koje prave

u Japanu, gdje se i kosti i mišići zajedno smelju. U većini krajeva trebalo bi se koristiti tom metodom, miješajući ribu sa žitaricama. U svjetskim bi planovima povećanja poljoprivredne proizvodnje trebalo posvetiti pažnju optimalnoj ravnoteži tih sastojaka. Soja je sjajna nadopuna žitaricama u mnogim krajevima, ali se malo proizvodi čak i u mnogim evropskim zemljama.

U nekim se krajevima zanemaruju prirodni izvori energetske hrane, iako mogu biti bogati izvori elemenata u tragovima ili vitamina u divljim biljkama, koje nisu cijenjene. Takve primjere možemo naći u pionirskim krajevima srednje Kanade. Lovci odlaze u svoja zimovališta, prije nego prvi led onemogući putovanje kanoima. Sa sobom nose zimnicu, koja se većinom sastoji od brašna sa nešto konzervirane hrane i sušena mesa, kao na pr. slanine, možda nešto čaja, kave, šećera, soli i konzerviranog mlijeka. U novije vrijeme dodaju navedenoj hrani i konzervirane rajčice, ali to tek od nedavna. Ranije njihova hrana nije uopće sadržavala vitamin C. Ti su ljudi bili ugroženi skorbutom, iako su živjeli usred zimzelenih šuma, gdje su lako mogli doći do askorbinske kiseline, pripremanjem čaja od borovih iglica. Samo je nekolicina tih ljudi znala za taj stari indijanski čaj.

U tim se krajevima lovi velika količina ribe, kojom hrane pse. Riblja jetra, a često čak i crijeva sadrže isto toliko vitamina A, kao i ulje bakalareve jetre, ali nitko i ne pomišlja da jede drugo osim mišićnog mesa. Potrebno je dakle kemijski istražiti prirodne izvore tih vitamina, a također odgajati ljude, koji žive u tim krajevima. U mnogim su predjelima zemlje lokalne rezerve te vrste već vjerojatno iscrpene.

U našim se krajevima gube silne količine hrane proizvodnjom destiliranih opojnih pića, kao što su viski i rum. Žito, voće ili melasa fermentiraju se, a od provrele komine dobivamo destilacijom opojna pića. Na taj način dobiveni viski sadrži samo mirisne tvari i alkohol. Većinu hranjivih sastojaka, uključivši ovamo i kvasac, koji je nastao za vrijeme fermentacije, proteine, masti i minerale žita, sušimo te ih dajemo pilićima i domaćim životinjama. U ekonomijama s većim suvi-

škom hrane mogu ljudi proizvoditi i sekundarne proizvode, kao što su na pr. pilići. U krajevima s ograničenim količinama hrane čovjek mora sam jesti žito.

Od žitarica, kao što je to ječam, od kojeg se u današnje doba redovno ne peče kruh, povoljno je s gledišta nacionalne ekonomije čak i u krajevima sa malo hrane, kao što je Engleska, fermentirati zrna i praviti pivo, a ostatkom hraniti životinje. Pivo se ne destilira, te polovinu hranjivih sastojaka ječma zadržava u obliku kalorija i u vodi topivih vitamina. Sušeni ostatak fermentacije jest koncentrat proteina i masti ječma, kojim se hrane domaće životinje. Za vrijeme rata Velika Britanija s velikom je pažnjom proučavala problem proizvodnje piva od ječma, te je odlučila nastaviti proizvodnju piva čak i u vrijeme najveće racionalizacije.

Pivu bi se međutim povećala hranidbena vrijednost, ako bi se pronašla metoda, kojom bi se kvasci sa svojim bogatim sadržajem vitamina i proteina mogli povratiti piću. Filtriranjem dobijemo iz tri barela piva jednu funtu suhog pivskog kvasca, koji bi bio sjajna ljudska hrana, kad bi ostao u piću.

VIŠE HRANE ZA BUDUĆNOST

Veliki se problem dobre cjelokupne svjetske prehrane ne može riješiti uštedama ni malim ekonomijama. Sa sigurnošću se procjenjuje, da se sadašnji broj pučanstva od dvije i četvrt milijarde povećava godišnje za oko 2 milijuna i da će narasti do kraja stoljeća za 4 milijarde. Površine se oranica međutim vjerojatno ne će povećati. Vjerojatnije je, da će se smanjiti iscrpljivanjem zemlje, ekstenzivnim gospodarenjem i erozijom. Morat će se uvesti sasvim nove metode proizvodnje hrane. Time smo problem samo obuhvatili, ali ga nismo i riješili. Dvije svjetske organizacije UNESCO (The United Nations Educational Scientific and Cultural Organisation) i FAO (Food and Agricultural Organization) nastoje u pojedinim predjelima čitava svijeta procijeniti viškove i manjkove, te ustanoviti potencijalni kapacitet. Te procjene temelje se

na potencijalnoj proizvodnji na osnovu bolje selekcije sjemenja, upotrebljavanja hibrida i poboljšanja obrade tla. Nastoje se unaprijediti mjere za suzbijanje štete od insekata i glodavaca. Ispituju se načini poboljšanja trgovine, kako bi se uklonile granice. Izmijenjuju se i učenjaci. Pojedini Amerikanci drže predavanja i obučavaju u Burmi, Italiji, Japanu i drugim krajevima, izvan »željezne zavjese«. Strani posjetioci, s druge strane, uče i putuju po Sjedinjenim Državama.

Glavni nedostatak svih tih napora jest njihov neznatni opseg u odnosu na potrebe. Potrebne bi bile tisuće praktičnih i iskusnih stručnjaka, umjesto samo nekoliko njih razasutih po svijetu. Međutim, toliko je stručnjaka teško dobiti. Život u krajevima, gdje su najviše potrebni, nije uvijek udoban. Zatim, malo je ljudi, koji dovoljno razumiju strane jezike i običaje, kako bi u kratkom vremenu mogli korisno djelovati. Mjesta u organizacijama, kao što je FAO, ne smatraju se ni stalnima ni sigurnima. Povećale su se i uobičajene poteškoće upravljanja, jer program povezuje ljude raznih nacionalnosti. Financijska sredstva vrlo su ograničena. Posljedica je toga, da je teško dobiti iskusnije i visoko kvalificirane muškarce i žene.

Razvitak benzinskih mašina u Americi, koji je potisnuo konja kao životinju za vuču, jedan je od faktora, koji je povećao površine zemlje podesne za proizvodnju hrane. Velike površine zemlje, na kojima se dosada proizvodilo sijeno i žito za konje, služe danas za proizvodnju žitarica za ljudsku hranu ili za tovnu stoku. Kada u budućnosti i drugi narodi postignu taj stupanj mehanizacije, dobit će se i veći žetveni predjeli. Međutim mehanizacija ovisi o petroleju, koji se ne može uvijek nabaviti, zbog raznih trgovačkih ograničenja, te zbog toga dolazi do povećanja broja konja, kao što je to na pr. slučaj u Švedskoj.

U drugim zemljama mehanizacija će opet slabo koristiti, zbog obilja ljudske radne snage, a malih površina obradive zemlje. Takav je primjer Japan. U Japanu živi 80,000.000 ljudi na 5.300 kvadratnih milja* obradive zemlje. Izdašnom

* 1 kvadratna milja = 2,59 kvadratnih km. — *Prev.*

upotrebom gnojiva, uključujući tu i ljudske izmetine, velikim utroškom ljudske snage, postizanjem dviju žetava godišnje, proizvodnja se znatno povećava po jedinici površine, ali je prinos hrane u poređenju s utrošenom ljudskom snagom malen. Da bi dobili više hrane, Japanci rade na projektu melioracija zemlje, čime bi se dobilo po prilici toliko zemlje, koliko se sada obrađuje. Ali će pomanjkanje hrane vjerojatno ostati, jer se očekuju porast pučanstva od oko 80,000.000 na 92,000.000 u 1960. godini, kada se ta nova zemlja počne obrađivati. Japanci će još uvijek morati uvoziti četvrtinu svoje hrane.

Zemlje kao Japan imaju, međutim, nekoliko mogućnosti da se same prehrane. Mogu pronaći, proizvoditi i izvoziti robu, što je traže zemlje, koje proizvode hranu ili mogu povećati proizvodnju hrane bez zemlje, kao na pr. proizvodnjom kvasca na drvenim hidrolizatima ili selekcijom biljaka, čime bi se povećali ionako veliki prinosi njihove zemlje. Mogu ograničiti i porast pučanstva.

Mnogo toga, što smo rekli za Japan, vrijedi i za druge prenapučene zemlje svijeta. I one ovise o povećanju proizvodnje hrane raznim drugim načinima, a ne samo mehanizacijom poljoprivrede.

Jedan od najglavnijih i najvažnijih načina za povećanje svjetskih rezerva hrane bio je napuštanje sekundarne hrane, kao što je meso, mlijeko i jaja, i prihvaćanje primarne hrane. Primarna je hrana biljni materijal, što se izravno vadi iz zemlje i što ga čovjek kao takav jede, a to su žito i povrće. Sekundarna se hrana proizvodi uzgajanjem životinja na biljnom materijalu i trošenjem životinjskih proizvoda za hranu. Životinja služi kao posrednik. Pri pretvorbi krmiva u hranu putem životinjskog tijela, dio se hranjivih sastojaka gubi kao energija i kao proteini.

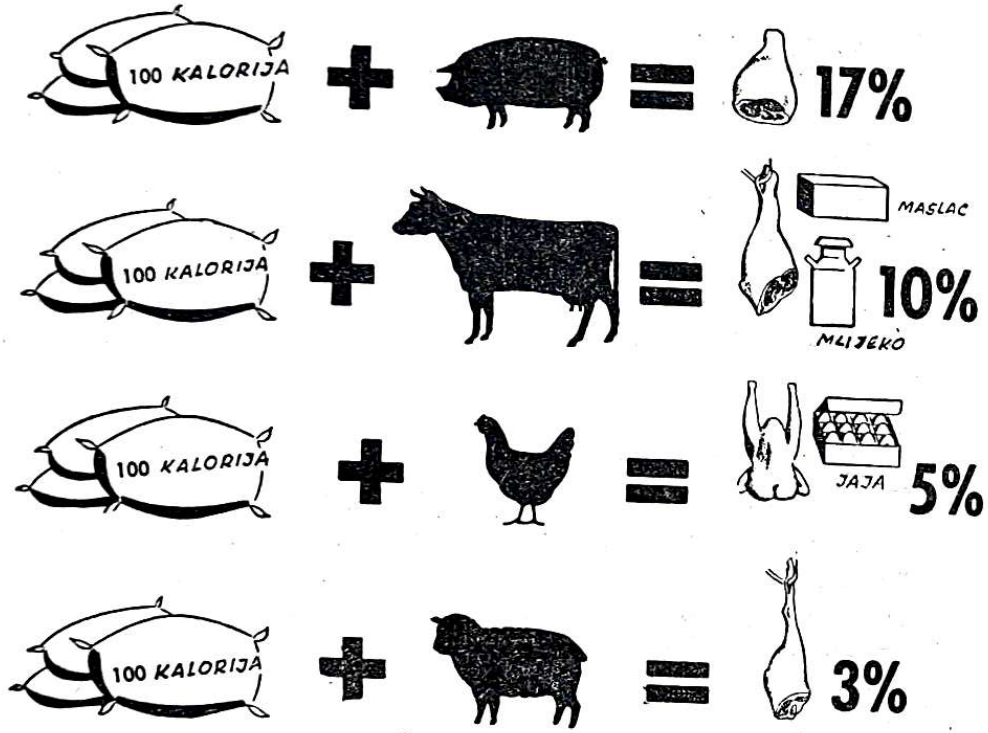
Ekonomičnost proizvodnje hrane izražava se procentima, koji se vraćaju čovjeku kao hrana u odnosu na početni biljni materijal, kojim se životinja hranila. Najnoviji nalazi pokazuju, da svinja vrati oko 17% kalorija i 12% proteina primljenih hranom. Tu je uračunato i održavanje rasplodnog materijala. Dobro stado krava muzara pretvara 10% kalorija i 11% proteina u mlijeko, teletinu i govedinu. Pilići pretvaraju samo 5% kalorija i 10% proteina u meso i jaja. Tovna stoka daje još manje, a pretvara samo 3% kalorija i 6% proteina. Zadnje su ovce, jer moraju svoju hranu pretvarati u vunu i meso. One pretvaraju 3% kalorija i 3% proteina. Navedene brojke pokazuju, kako je taj postupak skup, i objašnjavaju nam visoku cijenu sekundarne hrane. Međutim, jedino činjenica, da tovne životinje jedu travu, sa inače neupotrebive zemlje, i jeftinije žito, koje nije podesno za čovjeka, utječe da sekundarna hrana nije suviše skupa. Ni jedno se meso ne dobiva sto postotno od žitne hrane.

U mnogim dijelovima svijeta svinje i pilići žive na smetištima i izmetinama. U Sjedinjenim Državama te se vrste većinom natječu s čovjekom. To vrijedi i za krave muzare, koje jedu travu i sijeno sa zemlje, na kojoj bi se moglo proizvoditi žito. Nasuprot tome, tovna stoka i ovce kod nas žive većinom na zemlji, koja je nepodesna za proizvodnju žita. Prema tome, koriste i proizvode hrane od biljaka, koje inače ne možemo izravno upotrijebiti.

Ta neekonomičnost u proizvodnji sekundarne hrane navodi stručnjake za prehranu da promotre mogućnosti dobre prehrane, koja se osniva na primarnoj hrani. Danas, uravnotežena prehrana predstavlja i preporučuje veliku potrošnju mesa, jaja i mlijeka. U prenapučenim predjelima, to do sada nije moguće, i vjerojatno nikada ne će biti.

Prema tome, od prvenstvenog su značaja i interesa za budućnost čovječanstva, istraživanja u vezi s poboljšanjem žitnih i biljnih proizvoda, tako da se od njih dobije potpuna ljudska hrana. Postignuti su veći i vidni uspjesi, tako da je čak i u Sjedinjenim Državama prestalo postepeno opadanje potrošnje peciva. Istraživanja i pokusi pokazuju, da se može napraviti izvrstan kruh, koji sadrži 5% suhog pivskog kvasca. Prihvaćen je i kruh sa 6% punomasnog sojina brašna i 6—8% suhih mliječnih sastojina. Kruh, koji je sličan tome bijelom hljebu, po hranjivoj vrijednosti pravi se od punozrnog pše-

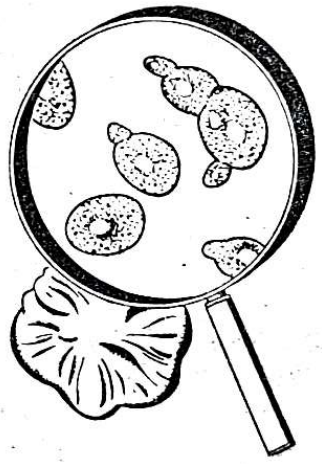
nična brašna, 6% suhog obranog mlijeka i 3% sojina brašna. Odnos mlijeka i soje može se izmijeniti, ukoliko se želi sniziti cijena. U budućnosti ćemo imati više kruha lijepa izgleda i visoke hranjive vrijednosti. Takav će kruh ljudi više trošiti i primati ga s većim povjerenjem, naročito ako se snize prodajni troškovi. Gubici uslijed starenja mogu se, na primjer, smanjiti većom upotrebom hladnjača.



Većina izvornih kalorija propada, ako se žetva troši za tov životinja, odnosno ako se ne jede izravno — čak i svinja daje samo petinu pojedenih kalorija u obliku hrane. Životinjski proizvodi često su potpunija i poželjnija hrana, ali tu hranu mogu sebi dopustiti samo bogatije zemlje.

U Sjedinjenim Državama postoji tendencija da se sekundarna hrana zamijeni primarnom, a to nam daje nadu, da se i veliki problem svjetske prehrane može riješiti. Nadalje, uzmemo li u obzir populaciju od 4 milijarde, koja se oče-

kuje koncem ovog stoljeća, ne bi bilo dovoljno hrane, čak i kad bi se potpuno vratili primarnoj hrani dodavši tome proizvode mora. Moramo dakle otkriti sasvim nove izvore hrane. Jedan je od tih kvasac, koji će uvijek u odgovarajućoj proizvodnji opravdati velike nade, jer pretvara jeftine biljne ugljikohidrate, uključivši tu i drvo, u uravnotežene proteine i obilje vitamina. Razvije li se ta proizvodnja do maksimalnih mogućnosti, moći ćemo i tropske šume upotrijebiti za ljudsku hranu.



Kvasac, koji brzo pupa, unapredio je proizvodnju ljudske hrane i pića za tisućljeća.

Kvasac je stoljećima igrao važnu ulogu u ljudskoj prehrani u proizvodnji fermentiranih pića i u kvasanju kruha. U oba ova procesa kvasac troši šećer, a otpušta ugljični dioksid, te stvara rupe u kruhu i pjenu kod piva. U pivovarstvu stvara alkohol kao sporedni proizvod. Do nedavna se međutim kvasac nije uzgajao za ljudsku hranu.

Kvasac je još uvijek najvažniji činilac u svakoj pivovari. Pivarski stručnjaci odgajaju razne rodove u čistim kulturama. Ti kvasci daju karakterističan miris raznim pivima. Nakon fermentacije piva kvasac se odstranjuje, kako bi se dobilo bistro piće. Osušen pivski kvasac, koji se prodaje kao biljna hrana, više ne fermentira šećer, jer su sve stanice kvasca ubijene prilikom sušenja u vrućem bubnju.

Kvasac sadrži 40% čistog proteina kao i znatne količine dušika u obliku purina. Kvasac je najbogatiji poznati izvor vitamina topivih u vodi kompleksa B, osim vitamina B_{12}. Jedemo li živi kvasac, kao onaj, koji se prodaje za pečenje kruha, on će u sebi zadržati vitamin, tiamin — šta više, može vezati neke od tih vitamina i iz druge hrane i odnijeti ih sa sobom iz tijela u izmetinama. Sušeni pivski kvasac, koji nema živih

stanica, ne zadržava tiamin, već ga otpušta iz svojih stanica prilikom probave u želucu i u gornjem dijelu crijeva.

Kvasac bi mogao postati hrana od svjetskog značenja. Velike količine kvasca mogu se uzgajati u tvornicama, koje zauzimaju malo površine zemlje, te predstavljaju žetvu, koja raste bez zemlje. Kvasci su bogati izvori vitamina i proteina, a neki sojevi uzgajani u Njemačkoj za vrijeme rata bogati su i mastima. Čovjek se može opkrbiti kalorijama u obliku ugljikohidrata, te su mu zato glavni problem proteini, vitamini i masti. U protekloj je polovici stoljeća čovjek uspio vezati slobodni dušik iz zraka, gdje ga ima u neograničenim količinama, u jednostavne organske spojeve, kao što su amonijak i urea. Kvasac može te spojeve pretvoriti u jestive proteine. Kao dodatak hrani, kvasac treba anorganske soli i ugljikohidrate. Danas može čovjek dobiti topive ugljikohidrate iz bilo koje žive biljke, slame ili pilovine. Zato drvo — šuma — predstavlja rezervu ugljikohidrata, ako ga hidroliziramo kiselinama. Kvasac omogućuje čovjeku proizvodnju visoko kvalitetne hrane i krmiva iz šuma, koje rastu na planinama, i iz minerala, koje vadi iz zemlje, i konačno dušika, koji veže iz zraka. Kvasci mogu rasti i na organskim ostacima od konzerviranog bilja i sulfitnim otpacima iz tvornice papira. Time se postižu dva cilja. S jedne strane, sprečava se prljanje rijeka, a s druge se strane proizvodi hrana od otpadaka.

U prošlom stoljeću glavna je poteškoća uzagajanja kvasca u tropskim krajevima bila voda potrebna za hlađenje tokom procesa rasta. Kvasac tokom rasta proizvodi toplinu, koju treba odstraniti, da bi mogao rasti. U hladnim klimama potrebna je umjerena količina vode za hlađenje, ali su u vrućim klimama potrebne velike količine mlake vode, koje se teško dobiju, a pumpanje je preskupo. Britanci su riješili taj problem uzgojivši soj kvasca poznat kao »torula«, koji uspijeva na višim temperaturama. Može rasti čak i u tropskim uvjetima, hladimo li ga umjerenim količinama vode. Na taj je način riješen poblem proizvodnje kvasca u predjelima, koji trebaju proteine i vitamine, usprkos tome što kvasac vrlo polagano prodire u ljudsku prehranu.

U Sjedinjenim Državama troši se nešto sušena pivskog kvasca kao ljudska hrana, iako ga trgovine prodaju isto kao i šećer u paketima od funte. Kod kuće ga mogu domaćice upotrebljavati za kolače, miješati u jelo, kruh i sladolede. Neki ga upotrebljavaju pomiješan s melasom i vrućim kolačima, dok ga drugi piju pomiješan sa sokom od rajčica ili mirodijama. Amerikanci mijenjaju lako svoje navike i nisu tako sumnjičavi prema novoj hrani kao drugi narodi, koji su vjekovima živjeli na istoj hrani. Kod tih naroda teže je uvesti kvasac u hranu. Japanska je mornarica upotrebljavala za vrijeme Drugog svjetskog rata kvasac u svojoj hrani. Nešto su ga slali i njemačkoj vojsci. U to se vrijeme također iz Bostona (SAD) izvozilo mnogo kvasca u Rusiju. Tako su ljudi iz raznih krajeva svijeta upoznali kvasac kao hranu.

Drugi veliki rezervoar potencijalne hrane jesu do sada neiskorištene biljke i životinje baruština, rijeka i oceana. Čovjek je tokom stoljeća lovio i jeo školjke, ribe, rakove, kitove i druge morske životinje. Međutim, nikada nije iskorištavao sićušne oblike života u oceanu poznate pod imenom plankton. Količine su tog materijala ogromne, ali je skupljanje i prerada tog materijala u ljudsku hranu tek u razvoju. U budućnosti će to biti velike količine nove hrane s vodenih površina.

POTREBA ODGOJA

Aktivnošću domaćinskih tečajeva odgoj o prehrani znatno je napredovao među domaćicama manjih gradova i sela u Sjedinjenim Državama. Među njima se osobito istakao pokret »Home Bureau«. Domaćice izvan velikih gradova najbolje su upućene u primijenjenu prehranu. Zahvaljujući organizacijama »Home Bureau«, i žene velikih gradova napredovale su u svom znanju. Međutim žene velikih metropola, daleko manje znaju o hrani i prehrani, jer se za njih nisu uspjeli organizirati dobri tečajevi.

U mnogim tipičnim američkim mjesnim zajednicama postoje neslužbeni učitelji prehrane. To su obično liječnici, zu-

bari, bolničarke, dobročinitelji, trgovci i veterinari i mnogi drugi. Znanje većine tih specijalista potječe iz koledža. Njihovo je znanje često nedovoljno, iako se najvažnije o prehrani predaje u biokemiji, fiziologiji, internoj medicini i pedijatriji. Mišljenje i odgoj pojedinaca ovisi o tim stručnjacima. Učitelji su također odgovorni za unapređenje prehrane. Širim uvođenjem objeda u škole, i stalnom borbom onih, koji time upravljaju, stvorena je praktična metoda obučavanja i stjecanja boljih navika u prehrani. Sve se više nastoji poboljšati osnovna hrana tih školskih obroka. Grad New York sada propisuje za školske obroke kruh s većom proteinskom i hranidbenom vrijednosti, nego što je onaj, koji se općenito prodaje.

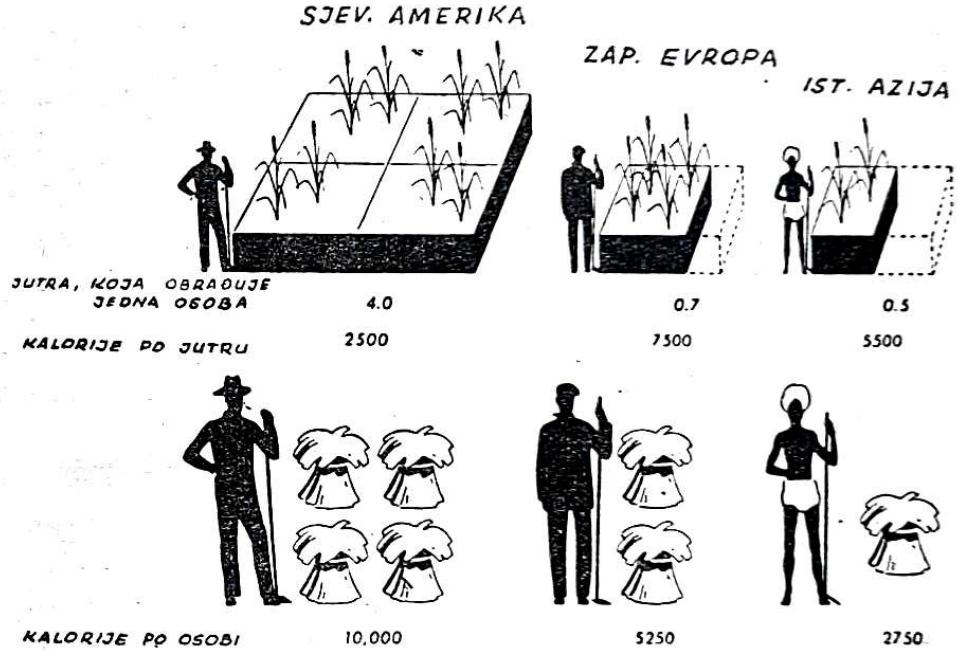
Konačno, na kvalitetu hrane imaju veliki utjecaj i trgovci. Trgovački časopisi, kao što je na pr. »Food Field Reporter«, posvećuju sada prilično mjesta podacima o prehrani i hranidbenoj vrijednosti hrane. Nova i važna otkrića takvi časopisi rijetko kada izostave.

Hrana i život. — Svjetski pregled, što ga je izradio FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), i objavio te rezultate g. 1946., pokazuje, da je ljudska prehrana u cjelini daleko od optimalne. Gotovo polovica čovječanstva, naročito u Aziji, prima prosječno manje od 2.250 kalorija na dan. Samo jedna trećina, većinom u Sjevernoj Americi i Srednjoj Evropi, prima prosječno više od 2.750 kalorija. Kod onih, koji primaju 2—3 hiljade kalorija, oko hiljadu kalorija otpada na žitarice. Daljnih hiljadu kalorija dobivaju ribom, mliječnim proizvodima i mesom. Prema tome, oko polovica čovječanstva jede hranu, koja ne zadovoljava ni po kvaliteti ni po kvantiteti, te nije dovoljna da održi zdravlje i normalni rast djece, ili da daje dovoljno energije za normalni rad.

Siromaštvo je glavni uzrok loše prehrane. U zemljama s niskim primanjem kalorija, prosječni je prihod 100 dolara godišnje, a u visoko kalorijskoj grupi, 200 dolara. Tako se za svijet kao cjelinu može kazati: »Reci mi, koliko zarađuješ, pa ću ti reći, kako jedeš.« Ima izuzetaka, ali se uglavnom

bogati krajevi najbolje prehranjuju, siromašni prolaze zlo, a najsiromašniji najgore.

Da podignemo primanje kalorija na minimum od 2.600 uz izvjesno poboljšanje kvalitete hrane, trebalo bi znatno povećati prinose. Računamo li s porastom pučanstva za 25% od



Poljoprivreda u Sjedinjenim Državama više je ekstenzivna nego intenzivna. S obzirom na obilje biljnih kalorija, koje otpadaju na osobu, može se velik dio žetvenih prinosa pretvoriti u životinjske proizvode.

1945. do 1960., trebalo bi čak i za polovičnu prehranu povećati prinos hrane za oko 25% kod žitarica korjenašica i gomoljača, oko 40% kod mesa i masti, te oko 100% kod mlijeka, voća i povrća. Zemlje sa vrlo slabom prehranom, kao što je Indija, trebale bi prinose većine hrane udvostručiti ili čak učetverostručiti.

Kao što smo prije istakli, hranimo li životinje žitom, samo se mali dio tih kalorija pretvara u meso i mlijeko. Općenito, 7 kalorija žita daje samo 1 kaloriju u životinjskim proizvo-

dima. Tako se za tipičnu američku hranu od 2.200 kalorija iz biljne hrane i 870 kalorija iz životinjske hrane potroši $7 \times 870 + 2.200 = 8.290$ kalorija iz žetvenog prinosa, dok hrana u južnoj Aziji, koja sadrži 1.940 kalorija iz biljne hrane i 100 kalorija iz životinjske hrane, treba samo 2.640 kalorija žetvenog prinosa. Da bismo podigli svjetsku prehranu na minimalnu razinu, trebalo bi kalorije žetvenih prinosa povećati za 55%, ne uzevši u obzir porast pučanstva. Uzmemo li ga u obzir, moramo udvostručiti kalorije žetvenih prinosa najkasnije do godine 1960. To je potpuno moguće, razmotrimo li problem s naučne strane. U Indiji se mogu povećati sadašnji prinosi žitarica trostruko za narednih 10 godina, boljim vrstama žitarica i boljim suzbijanjem štetnika, te boljom obradom tla, boljim gnojenjem, modernim strojevima i oruđem. Danas je samo 7% zemljine površine obrađeno, a mogle bi se dobiti još velike površine: natapanjem, drenažom, suzbijanjem komaraca i drugim modernim tehničkim metodama. Čak i u tako razvijenoj zemlji, kao što Velika Britanija, pojačanim se snagama za vrijeme Drugog svjetskog rata povećala proizvodnja hrane za oko 70%. U intenzivnom gospodarenju Zapadne Evrope prinos je po jednom akru (0,405 ha) 7.500 kalorija, dok je u ekstenzivnom gospodarenju Amerike samo $^1/_3$ od toga. Ne samo da se može više i bolje hrane proizvoditi, nego i sa daleko manje ljudskog rada. U razvijenim zemljama $^1/_5$ pučanstva lako prehranjuje sebe i ostale $^4/_5$ sa oko 8.000 izvornih kalorija dnevno, dok u zaostalim zemljama oko $^2/_3$ pučanstva radi, da tek nepotpuno prehrani čitavo pučanstvo sa oko 3.000 izvornih kalorija. Količina hrane proizvedene po čovjeku u naprednim zemljama deset je puta veća nego u zaostalim krajevima.

U »Svjetskom Pregledu Hrane« (World Food Survey, Washington D. C., FAO of UN 1946.) kaže se: »Zato je najveći i najvažniji korak u rješavanju problema populacije — omogućiti dovoljno brzu i široku primjenu nauke na ljudske potrebe. U zapadnim zemljama populacija je u stalnom opadanju nakon jednog perioda porasta, kada je bio porastao životni standard. Možemo vjerojati, da će se isti proces odvijati i u zemljama, u kojima je pučanstvo danas prisiljeno da životari. Historija je pokazala, da se s ekonomskim i socijalnim razvitkom mijenja i stav prema životu, a vjera u budućnost zamjenjuje beznadno podnašanje gladi i siromaštva kao prirodne ljudske sudbine.«

Ljudi se sve više udaljuju od divljaštva i približavaju civilizaciji, u kojoj nauka omogućuje velikom broju da živi na obilnoj hrani u udobnijim uvjetima, sa više slobodnog vremena za druge aktivnosti, a ne samo za one potrebne za opstanak. Naučna saznanja nisu slučajna, nego su se skupljala stalnim i strpljivim naporima, istraživanjima i pokusima. U području prehrane, kao i u svim drugima, takvi se napori isplaćuju bogatim dionicama ljudskog blagostanja. Međutim, znanje učenjaka i tehnologa nije samo po sebi dovoljno. Da bi se ti napori proveli u djelo, potrebno je široko razumijevanje i pomoć naroda. Kad narod raspolaže činjenicama, obično zdravo zaključuje i mudro djeluje.

Nauka o prehrani očito snosi veliku odgovornost za buduće generacije širom svijeta. Ona je tek počela ocrtavati glavne probleme. Riješila je, međutim, samo mjestimične i neposredne probleme, barem u Americi. Ona je počela širiti svoje novo otkrivene zasade, što nam pokazuje poboljšanje prehrane većine Amerikanaca. Neposredni joj je problem posijati to znanje, tako da svaki muškarac, žena i dijete stekne ne samo zdrave pojmove o dobroj prehrani, nego da se njima i služi. Javni je odgoj danas najveća potreba američke prehrane, a to ujedno znači i zdravlje Amerikanaca.

Knjiga »Hrana i život« napisana je, da dade i da pomogne drugima da daju potrebno znanje svome narodu.

POGOVOR

U posljednjih dvadeset godina došlo je do neobično naglog razvoja nauke o prehrani, zahvaljujući u prvom redu najnovijim otkrićima na polju moderne biokemije. Dok se još nedavno nauka o prehrani pretežno služila iskustvom, koje većinom nije bilo naučno provjereno, rezultati velikog broja dosad provedenih pokusa točno nas upućuju, kakva sastava treba da bude naša hrana, odnosno uče nas, što treba jesti, da se ne ošteti zdravlje organizma.

Očiti uspjesi moderne nauke o prehrani, a s tim u vezi i nastojanja da se naučno usmjeri prehrana ljudi, došli su u pravi čas. Tehnički napredak čovječanstva diktira, naime, sakupljanje radne snage po gradovima i većim naseljima, što ljude sve više udaljuje od njihova neposrednog i prirodnog izvora hrane. Prehrana ljudi po gradovima, koji žive već u neku ruku pod neprirodnim uvjetima, bila bi bez smišljeno organizirane proizvodnje živežnih namirnica i bez sistematskog prosvjećivanja i upućivanja potrošača, sigurno nedostatna.

Zato se u novije vrijeme brizi o ispravnoj prehrani posvećuje općenito mnogo pažnje. O zdravoj se prehrani pučanstva i kod nas već prilično pisalo, a još više i možda govorilo. Nažalost, uspjesi ove pouke nisu ipak bili u skladu s uloženim trudom i materijalnim sredstvima. Narod se i dalje hrani »po starom običaju«, t. j. u najmanju ruku na neracionalan način, za koji znamo da stoji u suprotnosti sa zahtjevima suvremene nauke. Do toga propagandnog neuspjeha došlo je s više razloga. Jedan je od tih, bez sumnje, nedovoljno poznavanje procesa prehrane upravo kod onih ljudi, koji su takvu propagandu vršili. Da je doista tako, spomenut ćemo samo pitanje vitamina. O vitaminima naši potrošači već mnogo znaju. Štoviše, mnogi od njih načuli su i to, da vitamine treba primati s hranom, te da se u nedostatku tih tvari javljaju izvjesne bolesti. No na pitanje, u čemu leži važnost vitamina, zašto su oni tako potrebni organizmu, rijetko će tko dati ispravan odgovor. Čitavo se pitanje na taj način praktički svodi na strah od bolesti, a pitanje vitamina u mašti ljudi poprima oblik lijeka, koji treba uzimati, kad čovjek oboli. To je svakako negativno, i to je slika nedovoljno proučene propagande prehrane, i ona je opasna, jer je štetna i jer prouzrokuje zabunu. Što je do toga došlo, treba, po našem mišljenju, u prvom redu pripisati nedostatku prikladne literature, koja bi na slikovit i jednostavan način povezala osnove biokemijskih procesa našeg tijela s potrebama prehrane.

Budemo li se koristili takvom literaturom, popularna predavanja bit će na naučnoj visini i urodit će punim uspjehom.

Knjiga »Hrana i život« (Food for life) pisana je u tom smislu i baš s tom namjerom, i zato ona ispunjava gore spomenuti nedostatak. Ona je tako odlično pisana, da ne bi smjelo biti više ni jedne javne ni privatne biblioteke, u kojoj se ne bi našao barem jedan njezin primjerak. Ona će, zatim, biti dobar putokaz svima onim našim stručnjacima i javnim radnicima, kojima je zadaća da se posredno ili neposredno bave problemom narodne prehrane kao i proizvodnjom živežnih namirnica.

Razumijevanje sadržaja ove knjige traži samo osnovnu kemijsku naobrazbu, tako te smo uvjereni da će je moći sa razumijevanjem i užitkom čitati velik broj i onih naših građana, koji su zainteresirani za svoje zdravlje.

Dr. ing. B. ROGINA
red. sveuč. profesor

TUMAČENJA NEKIH IZRAZA I RIJEČI IZ KNJIGE

ACTH — vidi adrenokortikotropni hormon

ADIPOZNO TKIVO — masno tkivo

ADRENALNA MEDULA — srž nadbubrežne žlijezde

ADRENALNA ŽLIJEZDA — nadbubrežna žlijezda

ADRENALIN — hormon nadbubrežne žlijezde

ADRENOKORTIKOTROPNI HORMON — stimulira rad nadbubrežne žlijezde. Izoliran kao razmjerno čisti preparat zove se ACTH

ADRENALNI KORTEKS — vanjska kora nadbubrežne žlijezde

AGREGAT — skupina istovrsnih ili raznovrsnih dijelova koji zajedno čine jedinicu

ALERGIJA — preosjetljivo reagiranje organizma prema specifičnim tvarima, koje su za druge osobe pod istim uvjetima indiferentne

ANABOLIZAM — metabolizam u smislu izgradnje

ANAFILAKSIJA — jedna od alergičnih reakcija organizma koja nastaje poslije ubrizgavanja bjelančevina, osobito ako se ponovo daje ista bjelančevina

ANAFILAKTIČNI ŠOK — teški akutni poremećaj koji nastaje neposredno nakon ubrizgavanja stranog seruma u organizam, a može završiti smrću

ANDROGENI — muški hormoni

ANTAGONIZAM — aktivno suprotstavljanje neke tvari drugoj tvari

ARTRITIS — upala zglobova

ATROFIJA — smanjivanje stanica ili tkiva bez dubljih kvalitativnih promjena

BICEPS — dvogubi mišić u prednjem dijelu nadlaktice

CAECUM — slijepo crijevo

DEMOGRAF — onaj koji se bavi proučavanjem zakonitosti i pravilnosti u kretanju stanovništva

DIABETES MELLITUS — šećerna bolest kod koje je količina šećera u krvi povećana i izlučuje se mokraćom. Nastaje zbog patoloških promjena u pankreasu, jer se zbog pomanjkanja insulina ne može vršiti metabolizam ugljikohidrata

DUODENUM — dvanaesnik — dio tankog crijeva

EDEM — nagomilavanje vodene tekućine u tkivu ili organizmu

EMULGATOR — tvar koja stabilizira emulziju

ENDOKRINE ŽLIJEZDE — žlijezde sa unutarnjim lučenjem, koje izlučuju hormone neposredno u krv

EON — vrijeme, vječnost

ESTROGENI — hormoni koji prouzrokuju u pubertetu pojavu sekundarnih obilježja spola (porast grudi, dlaka, izazivanje menstruacije)

FLUORESCENCA — svojstvo nekih tvari i otopina da upijeno svijetlo dijelom isijavaju u drugoj boji

GONADE — spolne žlijezde

GONADOTROPNI HORMONI — hormoni koje izlučuje prednji režanj hipofize a djeluju stimulativno na razvitak i funkciju spolnih žlijezda kod kralježnjaka i čovjeka

HEMOGLOBIN — krvna bjelančevina, koja vrši funkciju prenosa kisika

HIPOFIZA — glavna žlijezda s unutarnjim lučenjem veličine trešnje koja se nalazi na bazi mozga, pa se zove i moždani privjesak

HIPOGLIKEMIJA — sniženje šećera u krvi ispod normale, tj. ispod 80 mg šećera na 100 ml krvi. Uzrok — prevelika količina insulina u organizmu

HIPERGLIKEMIJA — povećana količina šećera u krvi javlja se kod diabetesa, a i nekih drugih bolesti i otrovanja

HIPERTIREOIDIZAM — prekomjerna funkcija štitne žlijezde. Basedow-a bolest u blažem obliku

HOLESTEROL — sastojak protoplazme stanica. Nalazi se u žući, krvi i nervnim stanicama. Potpomaže emulgaciju masti. Spoj holesterina i masnih kiselina taloži se na stijenke arterija kod njihovog ovapnjenja

HOLECISTOKININ — hormon koji se izlučuje u dvanaesniku. Prouzrokuje stezanje žućnog mjehura odnosno izljev žući.

INSEKTICID — sredstvo koje uništava insekte

INSULIN — hormon koji izlučuje gušterača u krv. Održava razinu šećera u krvi na potrebnoj visini

KARBURATOR — rasplinjač, dio benzinskog motora koji služi za pripremu smjese tekućeg goriva i zraka, koju usisava motor

KATABOLIZAM — metabolizam u smislu razgradnje

KAZEIN — glavna bjelančevina mlijeka

KOLAGEN — bjelančevina veznog tkiva

KOLOSTRUM — tekućina slična mlijeku, koja se pojavljuje za vrijeme trudnoće. Već od 6. tjedna trudnoće može se istiskati iz dojke. Treći dan poslije poroda pretvara se u mlijeko. Obiluje bjelančevinama i masnim kuglicama

KONTRAKCIJA — u biologiji i fiziologiji — stezanje protoplazme ili mišićnih stanica, čime se vrši radnja ili kretanje

LAKTATI — soli mliječne kiseline

LIPIDI — sastojine protoplazme koje možemo ekstrahirati eterom iz osušenog životinjskog ili biljnog tkiva. Tu grupu spojeva čine pretežnim dijelom masti, ulja, odnosno mastima slične tvari

MITOHONDRIJ — zrno protoplazme s određenim biokemijskim funkcijama

NUKLEARNA DEGENERACIJA — promjena stanične jezgre u smjeru lošijeg prilagođenja uslovima sredine

OFTALNIČNI — očni — »bolesnih očiju«

OMASUM — književac — odjeljak želuca kod preživača

ORTODOKSAN — pravovjeran

OVARIJ — jajnik

PANKREAS — gušterača

PARATIROIDNA ŽLIJEZDA — žlijezda koja izlučuje hormon koji održava normalnu razinu kalcija u krvi

PIRUVIATI — soli piruvične ili pirogrožđane kiseline

PROTEIN — bjelančevina

RETINA — mrežnica oka

REKTUM — šupak

RETIKULUM — kapura — drugi odjeljak želuca kod preživača

RUMEN — buag

SPRUA — bolest jezika

TESTIKUL — sjemenik

TESTOSTERON — muški hormon koji prouzrokuje pojavu sekundarnih muških oznaka (porast brade, brkova, mutiranje glasa)

TIMUS — prsna žlijezda

TIROGLOBULIN — bjelančevina u žlijezdi štitnjači

TIROIDNA ŽLIJEZDA — žlijezda štitnjača

TIROTROPNI HORMON — hormon prednjeg režnja hipofize, djeluje na štitnjaču. Nedostatak izaziva hipotireoidizam, a suvišak hipertireoidizam

TONUS — napon

UREA — mokraćevina

VAZOPRESORNI HORMON — hormon stražnjeg režnja hipofize koji pojačava peristaltiku tankog crijeva povišenjem tonusa njegove glatke muskulature, a povisuje i tonus mokraćnih puteva i žućnog mjehura. Nedostatak prouzrokuje diabetes insipidus i povišenje krvnog tlaka

Izdavačko knjižarsko poduzeće

ZNANJE

Zagreb
Socijalističke revolucije 17

Za izdavača

NADA SREMEC

Tehnički urednik

BRANKO BORANIĆ

Korektor

ANKA OSZELDA

Tisak

»VJESNIK«

Zagreb

njem visokih temperatura, pritisaka ili drugih drastičnih zahvata.

Istaknuta je uloga hormonskih sistema preko kojih su te reakcije međusobno povezane da teku u onoj mjeri i na onom mjestu koje je potrebno da tijelo normalno funkcionira i da se može prilagoditi i odgovoriti na promijenjene uvjete vanjske sredine.

Vrlo su lijepo obrađeni i širi pogledi na prehranu sa ekonomskog i kulturnog aspekta. Također su dane i sugestije za poboljšanje prehrane na temelju novih naučnih otkrića.

U knjizi su naročito vrijedne ilustracije koje na duhovit način i jednostavno prikazuju složene biokemijske procese koji su možda samim tekstom teže shvatljivi.

To je knjiga koju će sa zanimanjem čitati kako stručnjaci na području prehrane tako i ljudi koji žele upoznati životne procese kojima se njihovo tijelo održava i osjeća zdravim.

hrana i život

Sažet i potpun pregled osnovnih činjenica o hrani, koji je napisalo šest istaknutih naučenjaka na području prehrane.

- **RICHARD J. BLOCK**, doktor filozofije, direktor Naučnog instituta C. M. Armstrong Co., i član Zavoda za fiziologiju i biokemiju, New-York — Medicinski koledž.
- **RALPH W. GERARD**, doktor filozofije i medicine, profesor neurofiziologije — Zavod za psihijatriju i profesor fiziologije — Zavod za fiziologiju Univerziteta Illinois — Medicinski fakultet — Chicago.
- **NORMAN JOLLIFFE**, doktor medicine, direktor Ureda za prehranu — Zavod za zdravlje, New-York — New-York.
- **CLIVE M. Mc. CAY**, doktor filozofije, profesor Prehrane — Laboratorij za prehranu životinja — Univerzitet Cornell.
- **SEDGWICK E. SMITH**, doktor filozofije, profesor Stočarstva — Zavod za stočarstvo, Univerzitet Cornell.
- **SAMUEL SOSKIN**, doktor filozofije i medicine, bivši direktor medicinskog istraživačkog instituta — bolnica Michael Reese, i dekan škole za postdiplomski studij bolnice Michael Reese.